



## ارزیابی شاخص‌های سنجش ازدور در مطالعات کمی و کیفی آب‌های سطحی با تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ (مطالعه موردی: جنوب استان خوزستان)

سیدرضا میرعلیزاده فرد<sup>۱</sup>، شهروز منصوری<sup>۲\*</sup>

۱. مربی گروه منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۳۰ شهریور ۱۳۹۷

پذیرش: ۵ تیر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۰ مرداد ۱۳۹۸

واژه‌های کلیدی:

آب‌های سطحی

رودخانه جراحی-زهره

رودخانه کارون

لندست

خوزستان

### چکیده

آب به‌عنوان اساسی‌ترین نیاز زندگی در حال حاضر و گسترده‌گی موارد استفاده در مسائل شرب، کشاورزی، صنعت، اقتصادی- اجتماعی و امنیتی- سیاسی ما را به بر آن می‌دارد که با حداقل صرفه‌جویی در هزینه و زمان به شناسایی خصوصیات پهنه‌ها، رودخانه‌ها و سطوح آبی با روش‌های مختلف از جمله استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخت. هدف از این تحقیق ارزیابی روش‌های تشخیص پهنه‌ها، سطوح آبی و رودخانه‌ها با شاخص‌های؛ تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی، بارزسازی شده پوشش گیاهی، پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک، تفاضل نرمال شده آب، اصلاحی تفاضل نرمال شده آب، استخراج اتوماتیک آب در مناطق شهری، استخراج اتوماتیک آب در مناطق سایه‌دار و روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده خوشه‌بندی کلاستر و نظارت‌شده بیشترین شباهت برای شناسای سطوح آبی و شاخص فاکتور بهینه در شناسایی کیفیت آب از لحاظ شوری و شیرینی و همچنین تعیین نفوذ زبانه آب ورودی به پهنه‌های بزرگ‌تر در بخشی از حوزه‌های رودخانه کارون، جراحی و زهره در جنوب استان خوزستان با تصاویر سنجنده مشاهده زمینی ماهواره لندست-۸ است. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌های اتوماتیک استخراج پهنه‌های آبی در مناطق سایه‌دار و شهری کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌های دیگر به دلیل در نظر گرفتن طول‌موج‌های مادون‌قرمز کوتاه در شناسایی آب‌دارند که با نتایج روش طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشترین شباهت با ضریب کاپا ۰/۹۴٪ یکسان و عملکرد مشابهی داشتند. همچنین نتایج شاخص فاکتور بهینه در کارایی تشخیص آب‌شور و شیرین و میزان نفوذ زبانه‌ی آب ورودی با نشان دادن بیشترین اطلاعات مفید و حذف اطلاعات تکراری باندهای تصویر سنجنده مشاهده زمینی ماهواره لندست-۸ به مقدار ۷۹/۱۰٪ برای ترکیب رنگی ۶۵۱ به دست آمد.

\*Shahrouz\_mansouri@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

## مقدمه

آب به عنوان اساسی ترین نیاز زندگی در حال حاضر و گستردگی موارد استفاده در مسائل شرب، کشاورزی، صنعت، اقتصادی-اجتماعی و امنیتی-سیاسی ما را به بر آن می دارد که با حداقل صرفه جویی در هزینه و زمان و عدم دخیل بودن اشتباهات میدانی کارشناسان به شناسایی خصوصیات پهنه ها، رودخانه ها و سطوح آبی با روش های مختلف پرداخت که از جمله این روش ها، استفاده از تصاویر ماهواره ای در سنجش از دور است. از کاربردهای داده های سنجش از دور، علوی پناه (۵) مطالعه عمق آب یا ژرفاسنجی است که این عمل توسط باندهای طیفی مرئی یا مادون قرمز امکان پذیر است. البته باید توجه داشت تخمین عمق آب وقتی امکان پذیر است که آب زلال باشد، یعنی در آب های گل آلود که حامل ذرات ریز رس یا سیلت باشند، نور در برخورد با این ذرات بازتاب حاصل کرده و امکان تعیین عمق آب وجود نخواهد داشت. در مطالعه مربوط به آب، علاوه بر کارایی باندهای مرئی و مادون قرمز، باندهای حرارتی نیز کاربرد زیادی دارند که از جمله کاربردهای آن تعیین دمای سطح دریا و دیگر مسائل مربوط به رطوبت خاک و گیاه است. اسمیت (۲۳) بیان داشت که برای رسیدن به توزیع مکانی و بسط دادن اطلاعات جغرافیایی در مورد دریاچه ها در زمان حال نیازمند شناسایی اثر متقابل هیدرولوژی منطقه و تغییر اقلیم هستیم که برای این کار می توان از سنجش از دور استفاده کرد. لذا استفاده از روش های سنتی و اطلاعات زمینی برای پایش و ارزیابی منابع آبی سطح زمین را بسیار وقت گیر و هزینه بر است و در اغلب موارد برآورد ضعیفی از مقدار آب موجود در منطقه را به دست می دهد، لذا بررسی سطوح آبی در سال های متوالی و به صورت سری زمانی نیاز است، که سنجش از دور ماهواره ای قادر به فراهم کردن این پارامتر در شناسایی پدیده ها است (۱۹ و ۲۲). داده های سنجش از دور بهترین راه برای مدیریت منابع آب به دلیل زمان و اثربخشی هزینه در طیف وسیعی از مقیاس های زمانی و مکانی است، کشور ایران با وجود داشتن رودخانه ها، دریاچه ها و تالاب های زیاد و نیز بارش های متنوع در طول

فصول مختلف سال، جزء ۲۴ کشور دارای تنش و بحران آبی است که اقلیمی عمدتاً گرم و خشک را دارد. با توجه به مسائل مطرح شده نیاز به پایش و مدیریت منابع آبی از لحاظ کمی و کیفی در طول فصول مختلف و بررسی روند کاهش منابع آبی در کشور بسیار مورد نیاز بوده و نیز با توجه به وسعت کشور ایران، علم سنجش از دور کمک بسیار شایان ذکری در بحث منابع آبی کشور خواهد داشت. حسینی حمید و همکاران (۱)، برگیا و ماریام (۸) و خرم (۱۸) در بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوبات، بررسی رنگ آب، بررسی وجود فیتوپلانکتون ها و جلبک ها در آب، میزان کلروفیل، دمای آب و در بحث مطالعات کمی منابع آب شامل اندازه گیری های تغییرات عمق و یا ژرفاسنجی، مساحت پهنه های آب یا نقشه برداری سطوح آبی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و فناوری سنجش از دور، نقش مهمی در نظارت بر تالاب ها، ارزیابی سیل، برآورد سطح آب منطقه و مدیریت منابع آب دارد. سنجش از دور ابزار بسیار مناسبی برای شناسایی پهنه های آبی بوده و از این رو یکی از مزایای شناسایی سطح آب به وسیله تصاویر ماهواره ای عدم نیاز به حضور فیزیکی در محل است. با استفاده از این تصاویر می توان از یک منطقه وسیع در زمان های مختلف تصویربرداری کرد. اسمیت (۲۳) با توجه به شرایط کنونی اقلیمی و تغییرات بسیار زیاد پهنه های آبی، برای رسیدن به درک مناسب علت کمبود منابع آب، به طور کلی تصاویری برای شناسایی سطوح آبی مناسب هستند، که دارای باند در طول موج های جذبی و بازتابی آب در محدوده طیف الکترومغناطیس باشند. جذب انرژی در طول موج مادون قرمز نزدیک، مهم ترین ویژگی آب است (۵، ۱۳ و ۲۲). در واقع، بخش کمی از انرژی رسیده به سطح آب بازتابیده می شود یا از آن عبور می کند، اگر عمق آب زیاد باشد، انرژی قبل از برخورد به کف آب جذب می شود و با گل آلود شدن آب، قابلیت انتقال و بازتابندگی آن بیشتر می شود و بخش مهمی از نور خورشید، که وارد یک حوزه آبی می شود، تا عمق حدود ۲ متر به وسیله آب جذب می شود که البته لازم به ذکر است این موضوع که آب در باند مادون قرمز نزدیک دارای بازتابندگی کم

است، و به‌تنهایی باعث شناسایی سطح آب نمی‌شود و نمی‌توان برای شناسایی انواع پهنه‌های آبی از این خصوصیت استفاده کرد (۱۷). بر همین اصل، اساس استفاده از سنجش‌از‌دور، شناسایی و آشکار کردن تغییرات پوشش زمین، با استفاده از تغییر در مقدار رادیانس ممکن می‌شود، از این رو شاخص‌ها و روش‌های مختلف از مقدار رادیانس و بازتابندگی عوارض مختلف برای شناسایی، در باندهای مختلف طیفی الکترومغناطیس استفاده می‌کنند. کامپوس و همکاران (۹) بازتابش آب با افزایش طول‌موج، به سمت صفر میل می‌کند و این ویژگی باعث می‌گردد تا به‌راحتی بتوانیم آب را با استفاده از شاخص‌های مختلف از سایر پدیده‌ها جدا و با استفاده از ترکیب دو یا چند باند مختلف و استفاده از اختلاف بین محدوده طیفی این باندها که باعث بهبود در سیگنال طیفی دریافتی، شناسایی بهتر و خارج شدن نویز از قسمت‌های مختلف طول‌موج‌ها می‌شود برای شناسایی پهنه‌های آبی و جدا کردن سایر عوارض از آب استفاده نمود و البته نیاز به داشتن حد آستانه مناسب نیز است. یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده در شناسایی بده‌های آبی، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده است. اما در این روش‌ها کاربر نقش بسیار مهمی در نتیجه کار خواهد داشت، چراکه انتخاب نمونه‌های هر کلاس به عهده کاربر بوده و این انتخاب نقش بسیار بنیادی در نتایج نهایی ایفا خواهد نمود (۵). در زمینه شناسایی سطح آب ماهواره‌های زیادی قابل استفاده هستند که دارای قدرت تفکیک مکانی، زمانی و طیفی گوناگون هستند. هندرسون (۱۵) اولین ماهواره‌ای که از آن برای تصویر کردن پهنه‌های آب و سیلاب‌ها مورد استفاده قرار گرفت، سری ماهواره‌های Landsat و با استفاده از سنجنده MSS بود، که تصویربرداری خود را از سال ۱۸۷۲ میلادی آغاز کرده بود و از جمله سنجنده‌های اپتیکی است. شناسایی پهنه‌های آبی مطالعات مختلف خارجی صورت گرفته‌اند از جمله؛ پژوهشگران دپارتمان علوم زمین و امنیت غذایی دانشگاه کپنهاگ دانمارک در چندین کشور از جمله دانمارک، ایتالیایی، نیوزلند، سوئیس و آفریقای جنوبی برای ارائه راهکارهای جدید در نقشه‌برداری سطوح و پهنه‌های آبی با تصاویر ماهواره

لندست ۵ سنجنده TM مطالعه کردند (۱۴). اوما و تاتیشی (۲۱) در تحقیق تحت عنوان نقشه‌برداری سریع خط ساحلی با شاخص‌های آبی با داده‌های ماهواره لندست ۵ سنجنده TM و لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> در ۵ دریاچه شور دره‌ریف غرب آفریقا به این نتیجه رسیدند که شاخص WI با ۴/۹۸٪ خط ساحلی را تشخیص داد و ۳/۲۲٪ بیشتر از شاخص TCW و ۲/۴۳٪ بالاتر از شاخص تفاضل نرمال شده آب تغییرات را نشان می‌دهد، همچنین طبقه‌بندی نظارت‌نشده در دریاچه‌های شور تغییرات را بیشتر نشان می‌دهد. ناندی و همکاران (۲۰) در دریاچه چیلیکا واقع در ایالات اودیشا هند به مطالعه تشخیص خودکار پهنه‌های آبی از خشکی به‌وسیله تصاویر ماهواره لندست پرداختند که بهترین نتایج برای شناسایی پهنه‌ها و تغییرات زمانی دریاچه را مشخص کردند. وانگ و همکاران (۲۵) در پژوهش شبیه‌ساز هیبرید خطی بین آب و پس‌زمینه مربوطه با شاخص EWI و شاخص اصلاح‌شده تفاضل نرمال شده آبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل EWI دارای قابلیت بالاتری در برنامه‌ریزی‌های مربوط به آب است. از تحقیقات داخلی نیز خسروی و همکاران (۲) در پایش و بررسی تغییرات بر روی سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش‌از‌دور، به این نتیجه رسیدند که شاخص NDMI ناتوان از استخراج سطح آب دریاچه پریشان است، همچنین به دلیل حساسیت بیش‌از‌حد به مناطق آبی، زمین‌های مرطوب کشاورزی را هم جز محدوده دریاچه به حساب می‌آورد، درحالی‌که شاخص تفاضل نرمال شده آبی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی بالاترین نتایج را ارائه می‌دهند. از یک‌سو برای پایش کیفی منابع آبی از جمله شوری و شیرینی آب، میزان نفوذ زبانه آب رودخانه در هنگام ورود به دریا و خلیج از شاخص فاکتور بهینه استفاده می‌کنند، این شاخص با در نظر گرفتن نسبت مجموع میزان انحراف معیارهای هر باند در ترکیب بانندی به مجموع ضرایب همبستگی بین بانندی در همان ترکیب رنگی میزان شوری و املاح آب و همچنین میزان نفوذ زبانه ورودی رودخانه به داخل دریا و خلیج را تشخیص و می‌توان آب مورد نظر این

پوشش گیاهی، بارزسازی شده پوشش گیاهی، پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک، تفاضل نرمال شده آب، اصلاحی تفاضل نرمال شده آب، استخراج اتوماتیک آب در مناطق شهری، استخراج اتوماتیک آب در مناطق سایه‌دار و روش طبقه‌بندی نظارت نشده خوشه‌بندی کلاستر و نظارت شده بیشترین شباهت برای شناسای سطوح آبی و شاخص فاکتور بهینه در شناسایی کیفیت آب از لحاظ شوری و شیرینی و همچنین تعیین نفوذ زبانه آب ورودی به پهنه‌های بزرگ‌تر در بخشی از حوزه‌های رودخانه کارون، جراحی و زهره در جنوب استان خوزستان با تصاویر سنجنده مشاهده زمینی ماهواره لندست ۸ است، تا بتوان در امور استخراج آب برای مصارف صنعت، کشاورزی و شرب و همچنین مسائل بندرگاهی، حمل و نقل، امنیتی، توریسم و مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست بهتر تصمیم‌گیری کرد.

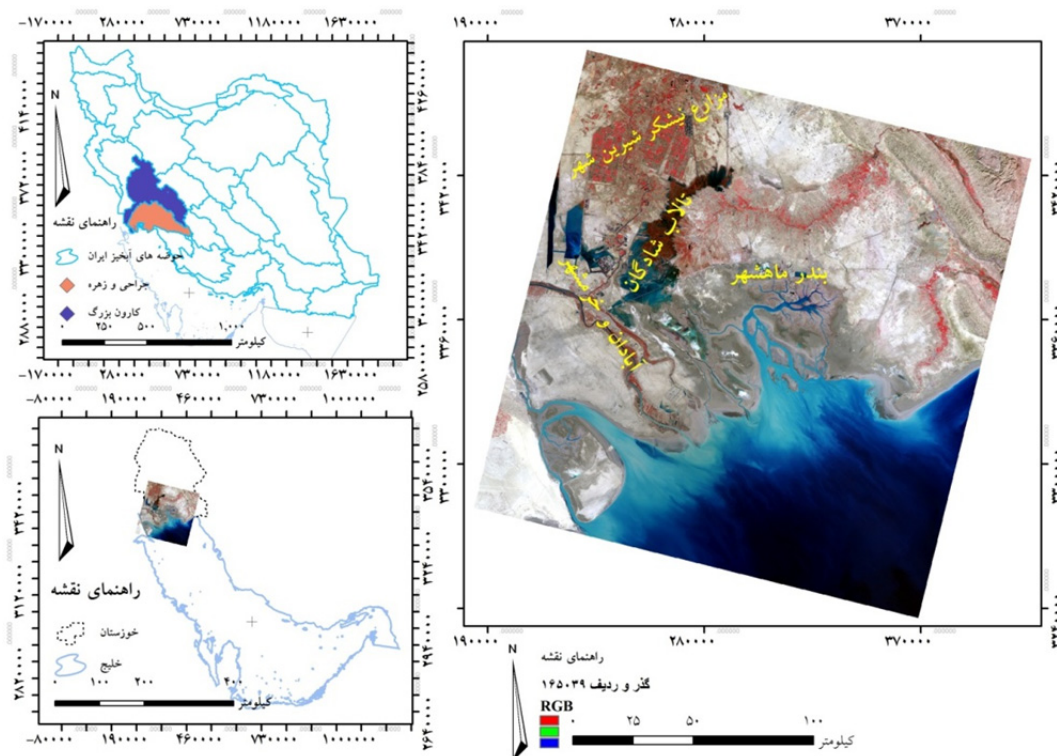
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین  $29^{\circ} 37'$  تا  $30^{\circ} 58'$  طول شرقی و  $47^{\circ} 45'$  تا  $48^{\circ} 11'$  عرض شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران و جنوب خوزستان واقع شده است (شکل ۱). علت انتخاب این منطقه وجود رودهای مهم و جاری، رودهای دارای پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی، هجوم کلروفیل آ، عبور رودها از داخل مناطق شهری و غیره، دارا بودن چندین دریاچه مصرفی صنعت پتروشیمی، وجود بندر و همچنین ورود این آب‌ها به خلیج فارس است، که به نوبه خود از لحاظ امنیت مرزی، کشاورزی، صنعت، حمل و نقل بندرگاهی، سواحل و توریسم گردشگری آبی حائز اهمیت و مورد برنامه‌ریزی می‌تواند قرار بگیرد.

مناطق را برای مصارف صنعتی و کشاورزی و حتی شرب استفاده کرد (۱، ۸ و ۱۸). این شاخص در سال‌های گذشته به دلیل ناشناخته بودن، همچنین عدم وجود دانش لازم برای محاسبات، از فاکتور شاخص بهینه بهره‌چندانی در گستره آبی برده نشده است. با پردازش داده‌های باندهای طیفی سنجنده می‌توان به اطلاعات بارزشی برای پایش منابع طبیعی در حوزه آب از جمله، بررسی تغییر عمق آب، میزان رسوب مواد معلق، چگونگی گسترش زبانه نفوذ آن در ساحل و تعیین تغییرات خطوط ساحلی اشاره کرد. همچنین می‌توان پارامترهای شوری، دما و رنگ آب را مورد بررسی قرارداد. در سال ۱۹۸۵ خرم و در سال ۱۹۹۲ برگاوا و مایام، با استفاده از سنجنده MSS برای پارامترهای شوری، تیرگی و مواد معلق در خلیج سان فرانسیسکو یک مدل ارزیابی ارائه نمود و بیان کردند که همبستگی قوی بین شوری و تیرگی آب وجود دارد، به طوری که هرچه آب شورتر باشد تیرگی آب نیز بیشتر است (۳ و ۴). در این زمینه نیز تحقیقاتی صورت گرفته از جمله رزمی و همکاران (۳) در ارزیابی استفاده از شاخص بهینه و شاخص اصلاح شده تفاضل نرمال شده آبی در بررسی تغییرات خط ساحلی منطقه دیر در شمال خلیج فارس به این نتیجه رسیدند که شاخص بهینه کارایی کمتری نسبت به شاخص اصلاح شده تفاضل نرمال شده آبی دارد و کاوش خط ساحلی دید وسیع و دانش کافی در مورد تغییرات در طول زمان و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی ارائه می‌دهد. حسینی حمید و همکاران (۱) در استفاده از شاخص OFI برای شوری سنجی و میزان نفوذ زبانه آب شیرین در دریا به این نتیجه رسیدند که نتایج این تکنیک همانند کار میدانی برگاوا و مایام (۸) و خرم (۱۸) آب شور را به رنگ مشکی نشان می‌دهد.

هدف از این تحقیق ارزیابی روش‌های تشخیص پهنه‌ها، سطوح آبی و رودخانه‌ها با شاخص‌های؛ تفاضل نرمال شده



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و منطقه

## روش تحقیق

### داده‌های مورد استفاده

در این مرحله تصاویر ماهواره لندست ۸ بدون پوشش ابر و با توجه به مجاورت کانون‌های گردوغبار داخلی و خارجی، که فاقد پدیده گردوغبار بودند از سایت زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا وابسته به سایت ناسا USGS ([https://earthexplorer/usgs/gov](https://earthexplorer.usgs.gov)) دانلود گردید. نمونه‌های

تعلیمی و صحت سنجی به علت صرف هزینه و زمان زیاد و وسعت و پراکندگی آن با استفاده از داده‌های تکمیلی گوگل ارث، نقشه‌های زمین‌شناسی، تصویر ماهواره سنتینل از منطقه مورد مطالعه طی چند مرحله هماهنگ با زمان تصویربرداری سنجنده از منطقه تهیه شد. تصویر گرفته شده به تاریخ ۱۳ ماه مارس سال ۲۰۱۸ میلادی در جدول ۱، آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

ردیف	گذر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی	تعداد باندها
۳۹	۱۶۵	۲۰۱۸/۰۳/۱۳	۱۳۹۶/۱۲/۲۲	لندست ۸	مشاهده‌گر زمینی (OLI)	۲۷/۸۴ متر	۷

### پیش پردازش تصاویر

پس از دانلود تصاویر به بررسی زمین مرجع بودن و خطاهای ناشی از اعوجاج تصویر پرداخته شد که تصاویر ماهواره لندست خود در این زمینه جزو تصاویر مرجع برای

ژئورفرنس‌دار کردن تصاویر و نقشه‌های فاقد زمین مرجع است لذا نیازی به تصحیح هندسی نداشت. تصحیح رادیومتریکی به منظور کاهش و یا حذف دو نوع خطای عمده، خطای اتمسفری و خطای سنجنده به کار می‌رود. در تصاویر تهیه شده

[۱] برای این مطالعه به علت جوان بودن ماهواره لندست ۸ خطای دستگاهی مشاهده نشد. لذا به تبدیل مقادیر ارزش‌های رقومی (DN) تصاویر به مقادیر رادیانس از طریق فرمول شیب‌خط بین مقادیر Gain و Offset در هدر فایل تصاویر لندست ۸، طبق رابطه ۱، پرداخته شد (۶، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۲۶).

Radiance=Radiance\_MULT\_BAND×DN+ Radiance\_ADD\_BAND

در این رابطه؛ Radiance\_MULT\_BAND و Radiance\_ADD\_BAND برای هر باند از هدر فایل سنجنده OLI در جدول ۲، زیر آورده شده است.

جدول ۲. مقادیر Radiance\_ADD\_BAND و Radiance\_MULT\_BAND در هدر فایل تصویر

DN	Gain	Offset
باند ۱	۰/۰۱۲۷۱	- ۶۳/۵۴۸۲۲
باند ۲	۰/۰۱۳۰۱۵	- ۶۵/۰۷۴۱۵
باند ۳	۰/۰۱۱۹۹۳	- ۵۹/۹۶۵۲۷
باند ۴	۰/۰۱۰۱۱۳	- ۵۰/۵۶۶۱
باند ۵	۰/۰۰۶۱۸۸۸	- ۳۰/۹۴۳۹۳
باند ۶	۰/۰۰۱۵۳۹۱	- ۷/۶۹۵۴۷
باند ۷	۰/۰۰۰۵۱۸۷۶	- ۲/۵۹۳۷۹

بدین صورت همه مقادیر در بازه صفر و یک قرار می‌گیرد، که در زیر آورده شده است (۲۴ و ۲۶).

[۲] 
$$\text{float}((\text{MS le } 0) \times 0 + (\text{MS ge } 10000) \times 1 + (\text{MS gt } 0 \text{ and MS lt } 10000) \times \text{float}(\text{MS} / 10000 / 0))$$

در این رابطه؛ مقادیر MS همان باندهای مولتی اسپکترال سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ است. سپس به محاسبه شاخص‌های؛ تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص بارزسازی شده پوشش گیاهی (EVI)، شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک (SAVI)، شاخص تفاضل نرمال شده آبی (NDWI)، شاخص تفاضل نرمال شده آبی اصلاح شده (MNDWI)، شاخص استخراج اتوماتیک آب در مناطق شهری (AWEInsh)، شاخص استخراج اتوماتیک آب در مناطق سایه‌دار (AWEIsh)، رابطه‌های آن‌ها در جدول ۳، ارائه شده است.

برای تصحیح اتمسفری از تکنیک کوییک اتمسفریک کارکشن (Quick Atmospheric Correction)، زیرا هم سرعت اعمال آن نسبت به سایر روش‌های تصحیح اتمسفری زیاد و هم چنین نرمال بودن مطلق نتایج آن و عدم نیاز به حضور دیگر باندهای خاص برای جذب آب و پراکندگی آئروسول دارد، استفاده شد (۸). به منظور افزایش وضوح تصاویر و نمایان‌تر شدن پدیده‌ها و عوارض موجود در حین انجام تحقیق از روش کشش خطی (Linear Stretch) استفاده گردید.

#### محاسبه شاخص‌ها

در این مرحله ابتدا به تبدیل مقادیر رادیانس ثبت شده توسط سنجنده به مقادیر بازتابش سطحی (Surface Reflectance) بر طبق رابطه ۲، که ابتدا همه مقادیری که کوچک‌تر از صفر هستند ضربدر صفر می‌شوند، سپس مقادیری که بزرگ‌تر از ده هزار هستند برابر با یک قرار می‌گیرند و نهایتاً همه مقادیر که بزرگ‌تر از صفر و کوچک‌تر از یک هستند به نسبت یک ده‌هزارم ضرب می‌شوند،

شاخص فاکتور بهین

نداشتن ترتیب انتخاب‌ها، یعنی ترکیب تکراری حتی در حالت چیدمان متفاوت وجود نداشته باشد، ساخت.

$$N_{RGB/LC8\_OLI} = \left( \frac{7!}{(7-3)! \times 3!} \right) \quad [3]$$

بسته به ترکیب رنگی انتخابی پهنای اطلاعات تصاویر خروجی، تنوع متفاوتی دارد که البته بیشترین اطلاعات همواره مدنظر کاربران است. برای دستیابی به این هدف الگوریتم‌ها و روش این فراوانی نوشته شده است که از بین آن‌ها می‌توان به استفاده از شاخص فاکتور بهینه OFI اشاره کرد، که رابطه آن همراه با منبع در جدول ۳، ارائه شده است.

ماهواره لندست ۸ با دریافت طول‌موج‌های انعکاسی از اجسام، اطلاعات آن‌ها را به صورت داده خام و رقمی (بر اساس مقدار انرژی) به ازای ۷ باند چندمنظوره ذخیره می‌کند، در این روش با ترکیب داده‌های ۳ باند از ۷ باند انعکاسی و چندمنظوره سنجنده OLI لندست ۸ یک تصویر رنگی کاذب در اختیار کاربر قرار می‌گیرد که به تصویر رنگی RGB معروف است. بر این اساس با ترکیب داده‌های ۷ باند لندست ۸ سنجنده OLI می‌توان تعداد ۳۵ ترکیب رنگی بر طبق اصل فاکتوریل در علم ریاضی در رابطه ۳، که ۳ باند کنار هم در هر ترکیب، بدون تکرار باندها در یک ترکیب و اهمیت

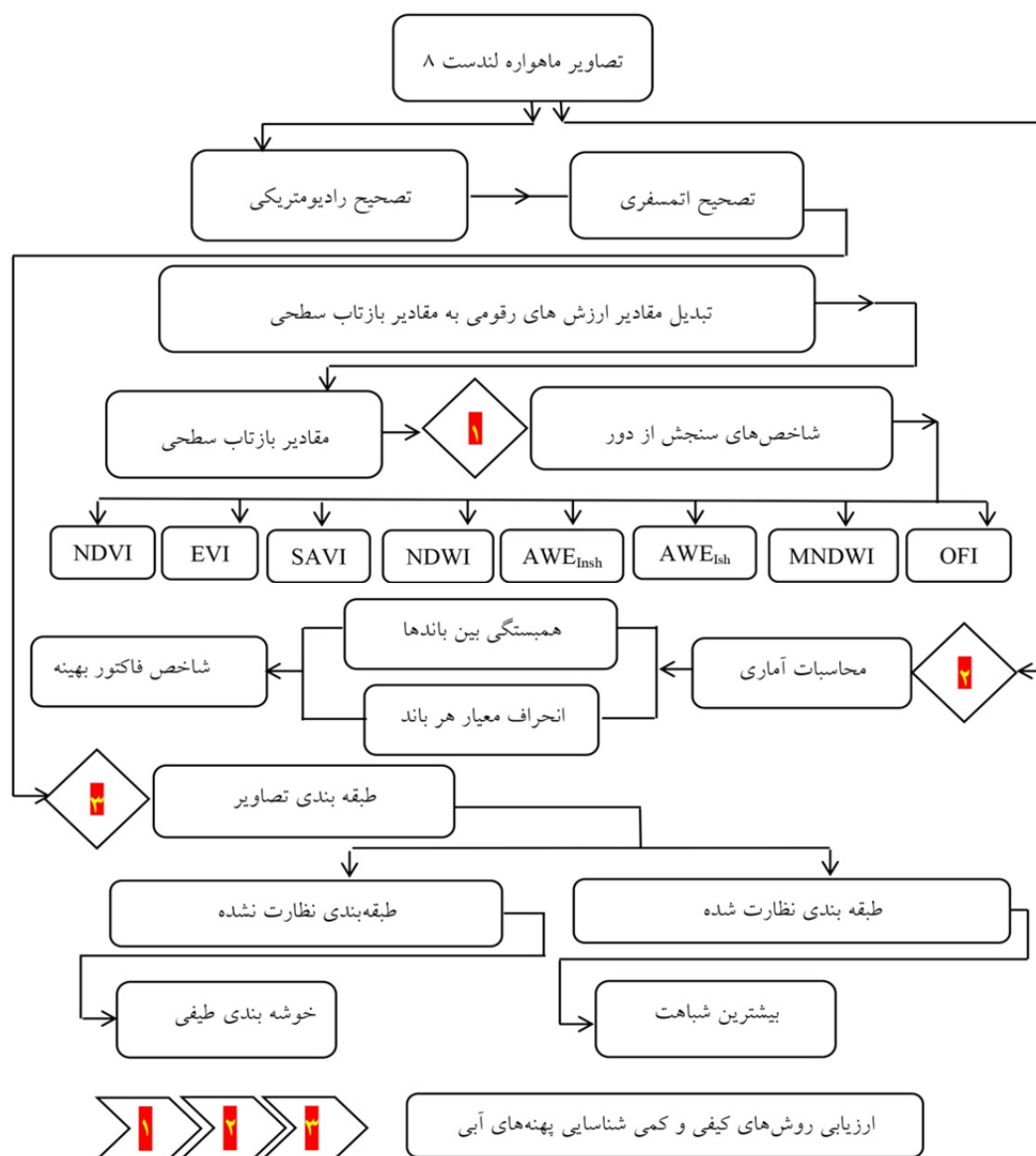
جدول ۳. رابطه، توضیحات و منابع شاخص‌های تشخیص پهنه‌های آبی و کیفیت آب بکار گرفته شده در این تحقیق

نام شاخص	رابطه‌ها	منبع
تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی	Normalized Difference Vegetation Index $NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	(۲)
شاخص بارسازی شده پوشش گیاهی	Enhanced Vegetation Index $EVI = \left( \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + C_1 \rho_{RED} - C_2 \rho_{BLUE} + 1} \right) \times (1 + L)$	(۲)
شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک	Soli Adjusted Vegetation Index $SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED} \times (1 + 1)}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + 1}$	(۲)
شاخص تفاضل نرمال شده آبی	Normalized Difference Water Index $NDWI = \frac{\rho_{BLUE} - \rho_{RED}}{\rho_{BLUE} + \rho_{RED}}$	(۲۰)
شاخص تفاضل نرمال شده آبی اصلاح شده	Modified Normalized Difference Water Index $MNDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{GREEN} + \rho_{SWIR1}}$	
شاخص استخراج اتوماتیک آب در مناطق سایه‌دار	Automated Water Extraction Index $AWEI_{sh} = 4 \times (\rho_{GREEN} - \rho_{SWIR1}) - (0.25 \times \rho_{NIR} + 2.75 \times \rho_{SWIR2})$	(۱۶)
شاخص استخراج اتوماتیک آب در مناطق سایه‌دار	Automated Water Extraction Index $\rho_{BLUE} AWEI_{nsh} = + 2.5 \times \rho_{GREEN} - 1.5 \times (\rho_{NIR} + \rho_{SWIR1}) - 0.25 \times \rho_{SWIR2}$	
شاخص فاکتور بهینه	Optimum Index Factor $OFI = \frac{\sum_{i=1}^3 SD}{\sum_{i=1}^3 Cc} = \frac{\sum_{i=1}^3 Stdv}{\sum_{i=1}^3 Cc} = \frac{Stdv_i + Stdv_j + Stdv_k}{Cc_{ij} + Cc_{ik} + Cc_{jk}}$	(۱)

طبقه‌بندی تصویر

برای مقایسه تأثیر کارشناس، تجربه، خستگی، تخصص و برداشت میدانی در استخراج پهنه‌های آبی از روش‌های طبقه‌بندی تصویر؛ از طبقه‌بندی نظارت‌نشده خوشه‌بندی کلاستر و طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشترین شباهت هم استفاده شد و برای ارزیابی و صحت‌سنجی نقشه تهیه‌شده از کارایی

ضریب کاپا از نمونه‌های تعلیمی تکمیلی تهیه‌شده از گوگل ارث، نقشه‌های زمین‌شناسی و داده‌های ماهواره‌ای سنتینل استفاده گردید تا به مقایسه اثر کارشناس و نسبت‌های بانندی در شاخص‌ها پی برده شود. فلوچارت مراحل انجام کار در این تحقیق در شکل ۲، در زیر آورده شده است.



شکل ۲. فلوچارت مراحل تشخیص پهنه‌های آبی در این تحقیق



## نتایج

## شاخص فاکتور بهینه

در جدول ۴، مقادیر انحراف معیار، میانگین، کمینه، بیشینه و مقادیر ویژه هر باند، و در جدول ۵، ضرایب همبستگی بین باندها و در جدول ۶ مقادیر ضرایب فاکتور بهینه برای هر کدام از ترکیب RGB قابل استفاده آورد شده است. با توجه به

ضرایب به دست آمده از شاخص فاکتور بهینه ترکیب‌های در جدول ۶ خط کشیده است، حاوی بیشترین اطلاعات غیرتکراری در باندهای هستند که یک ترکیب RGB را می‌سازند. از ترکیب RGB ساخته شده برای شاخص فاکتور بهینه به ترتیب ترکیب‌های ۶۵۱، ۷۶۱، ۶۵۲ و ۷۶۵ دارای بیشترین ضریب فاکتور بهینه بودند.

جدول ۴. مقادیر انحراف معیار، میانگین، کمینه، بیشینه و مقادیر ویژه هر باند

انحراف معیار	مقادیر ویژه	میانگین	بیشینه	کمینه	شماره باند
۵۶۰۶/۷۸	۲۹۴۵۴۴۹۷۳/۴۴	۷۹۸۶/۲۴	۲۷۵۰۷/۰۰	۰/۰۰	باند ۱
۵۵۲۷/۰۶	۱۴۵۲۲۸۴۲/۸۱	۷۷۷۵/۶۲	۲۹۹۳۵/۰۰	۰/۰۰	باند ۲
۵۸۰۲/۲۳	۱۶۵۴۸۹۹/۱۹	۷۸۲۵/۶۹	۲۸۲۱۵/۰۰	۰/۰۰	باند ۳
۶۴۷۷/۹۷	۶۸۶۶۷۸/۰۰	۸۰۶۰/۲۷	۳۲۳۱۳/۰۰	۰/۰۰	باند ۴
۷۶۰۲/۴۲	۱۵۶۰۷۳/۱۸	۸۷۸۱/۲۶	۶۵۵۳۵/۰۰	۰/۰۰	باند ۵
۸۰۸۶/۷۹	۷۵۷۰۶/۸۶	۸۸۳۰/۵۲	۶۵۵۳۵/۰۰	۰/۰۰	باند ۶
۷۱۳۰/۲۸	۶۹۹۴/۷۲	۷۷۹۰/۳۲	۶۵۵۳۵/۰۰	۰/۰۰	باند ۷

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین باندها

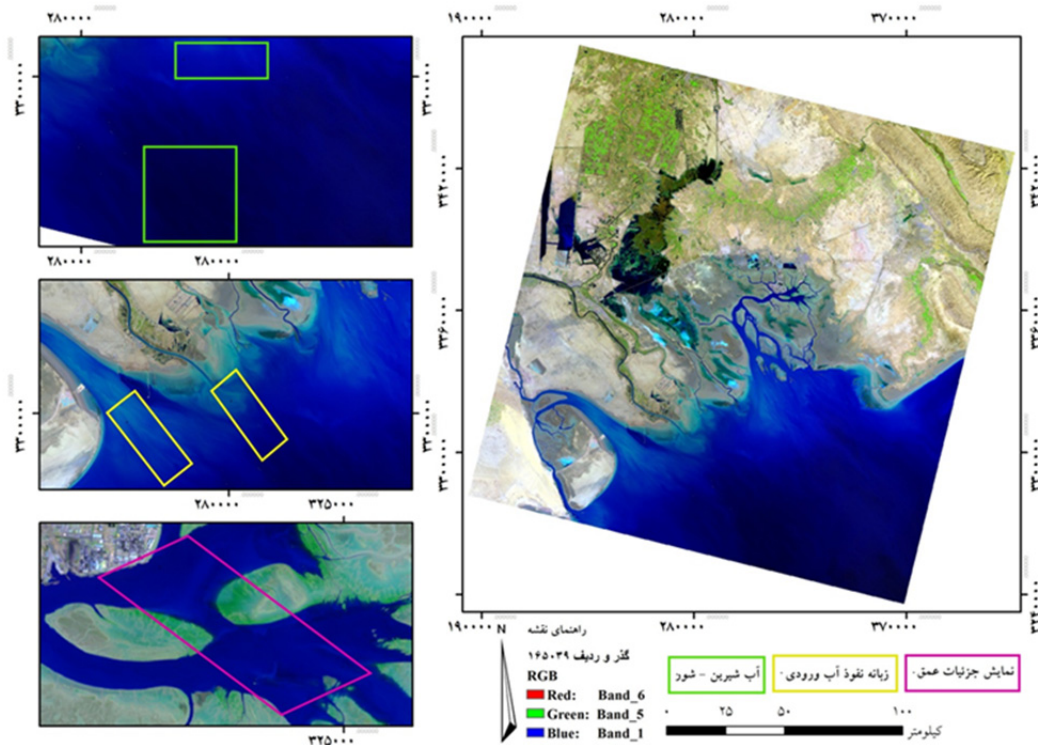
ضرایب همبستگی	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷
باند ۱	۱	۰/۹۹۸۴	۰/۹۸۰۹	۰/۹۳۳۴	۰/۸۷۲۴	۰/۸۳۸۱	۰/۸۳۵۶
باند ۲	۰/۹۹۸۴	۱	۰/۹۸۹۵	۰/۹۴۸۳	۰/۸۸۷۵	۰/۸۵۸۱	۰/۸۵۶۲
باند ۳	۰/۹۸۰۹	۰/۹۸۹۵	۱	۰/۹۸۰۸	۰/۹۲۹۳	۰/۹۰۹۴	۰/۹۰۷۳
باند ۴	۰/۹۳۳۴	۰/۹۴۸۳	۰/۹۸۰۸	۱	۰/۹۷۰۳	۰/۹۶۳۳	۰/۹۵۸۰
باند ۵	۰/۸۷۲۴	۰/۸۸۷۵	۰/۹۲۹۳	۰/۹۷۰۳	۱	۰/۹۸۱۹	۰/۹۶۸۵
باند ۶	۰/۸۳۸۱	۰/۸۵۸۱	۰/۹۰۹۴	۰/۹۶۳۳	۰/۹۸۱۹	۱	۰/۹۹۵۰
باند ۷	۰/۸۳۵۶	۰/۸۵۶۲	۰/۹۰۷۳	۰/۹۵۸۰	۰/۹۶۸۵	۰/۹۹۵۰	۱

جدول ۶. مقادیر ضرایب فاکتور بهینه برای هر کدم از ۳۵ ترکیب RGB قابل استفاده

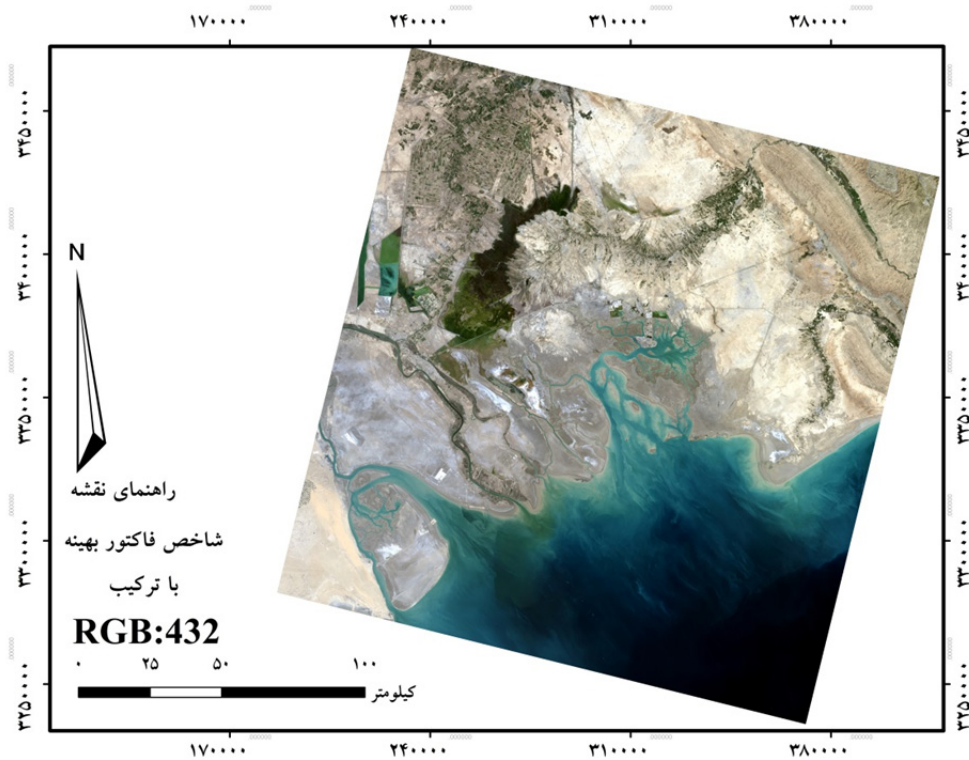
ردیف	RGB	شاخص فاکتور بهینه	ردیف	RGB	شاخص فاکتور بهینه
۱	۱۲۳	۵۷/۰۵	۱۹	۲۳۷	۶۷/۰۵
۲	۱۲۴	۶۱/۱۵	۲۰	۲۴۵	۶۹/۸۷
۳	۱۲۵	۶۷/۹۳	۲۱	۲۴۶	۷۲/۵۴
۴	۱۲۶	۷۱/۳۳	۲۲	۲۴۷	۶۹/۲۷
۵	۱۲۷	۶۷/۸۹	۲۳	<u>۲۵۶</u>	<u>۷۷/۷۹</u>
۶	۱۳۴	۶۱/۷۸	۲۴	۲۵۷	۷۴/۷۰
۷	۱۳۵	۶۸/۳۲	۲۵	<u>۳۴۵</u>	<u>۶۹/۰۳</u>
۸	۱۳۶	۷۱/۴۶	۲۶	۳۴۶	۷۱/۳۷
۹	۱۳۷	۶۸/۰۷	۲۷	۳۴۷	۶۸/۲۰
۱۰	۱۴۵	۷۰/۹۲	۲۸	۳۵۶	۷۶/۲۰
۱۱	۱۴۶	۷۳/۷۶	۲۹	۳۵۷	۷۳/۲۱
۱۲	۱۴۷	۷۰/۴۶	۳۰	۴۵۶	۷۶/۰۳
۱۳	<u>۱۵۶</u>	<u>۷۹/۱۰</u>	۳۱	۴۵۷	۷۳/۲۲
۱۴	۱۵۷	۷۵/۹۹	۳۲	۴۶۷	۷۴/۳۹
۱۵	<u>۱۶۷</u>	<u>۷۸/۰۳</u>	۳۳	<u>۵۶۷</u>	<u>۷۷/۴۸</u>
۱۶	<u>۲۳۴</u>	<u>۶۱/۰۱</u>	۳۴	۶۷۲	۷۶/۵۷
۱۷	۲۳۵	۶۷/۴۶	۳۵	۷۶۳	۷۴/۷۶
۱۸	۲۳۶	۷۰/۴۲			

شده است و مناطق آب‌شور و زبانه نفوذ آب ورودی به دریا به‌خوبی قابل‌رؤیت است. در شکل‌های ۴ و ۵ ترکیب‌های RGB رایج ۵۴۳ و ۴۳۲ برای مقایسه بیشتر آورده شده است.

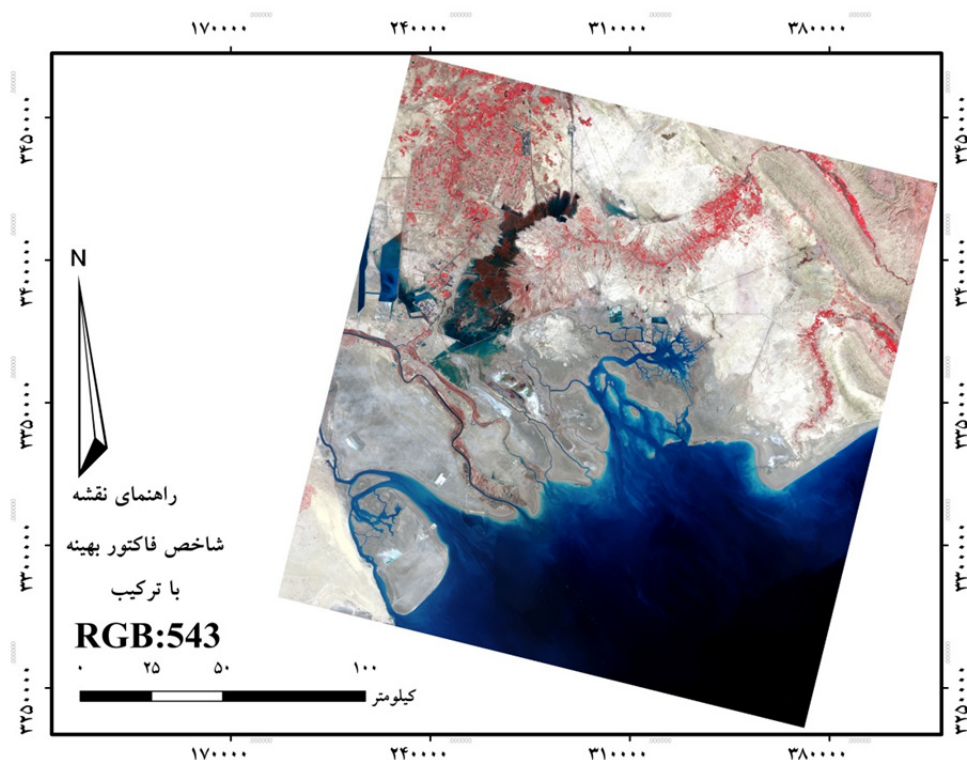
ترکیب ۶۵۱ به دلیل بالاترین مقدار نسبت بین انحراف معیارها و همبستگی‌های باندهای موجود در ترکیب RGB آن، حاوی اطلاعات مهم کیفی، و کمی است که در شکل ۳، آورده



شکل ۳. ترکیب ۶۵۱: RGB بر اساس ضریب شاخص فاکتور بهینه



شکل ۴. ترکیب ۴۳۲: RGB بر اساس ضریب شاخص فاکتور بهینه

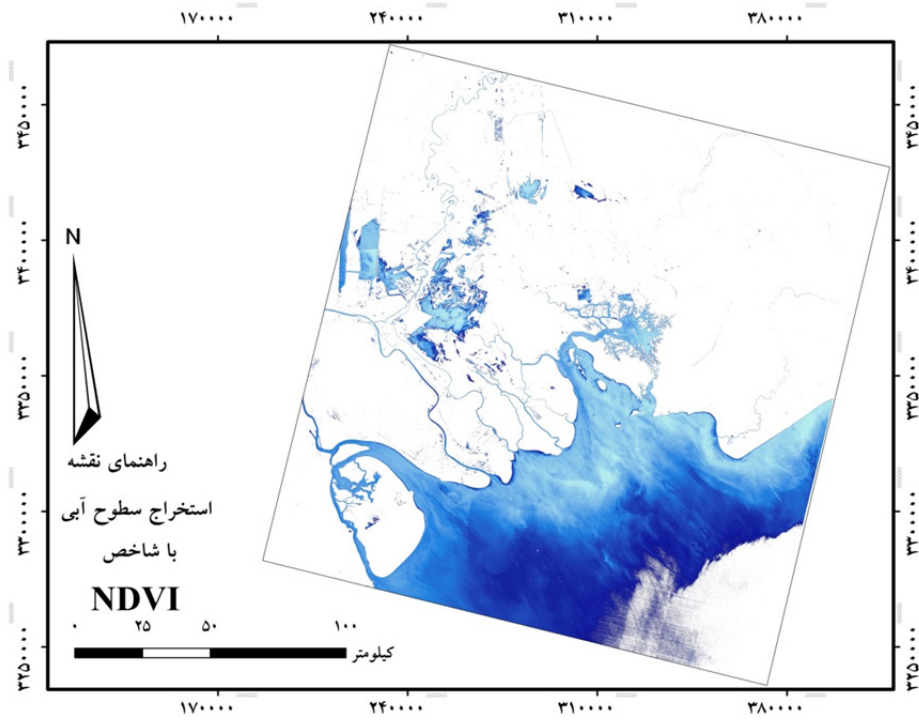


شکل ۵. ترکیب ۵۴۳: RGB بر اساس ضریب شاخص فاکتور بهینه

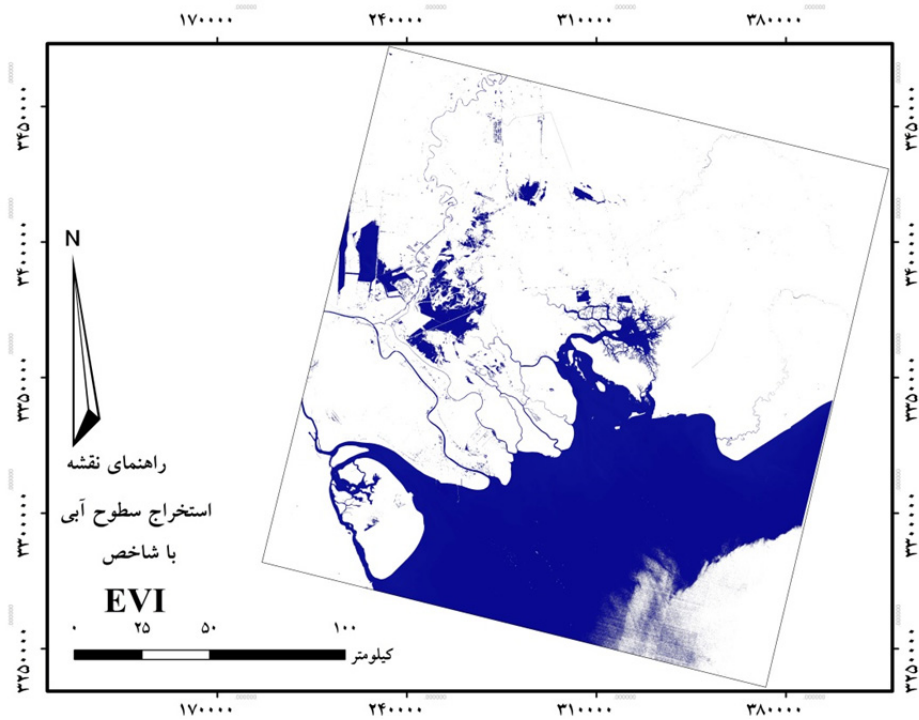
گیاهی یا خاک لخت وجود دارد به صورت خرده پیکسل‌های غیر ممتد نشان می‌دهد. همچنین شاخص SAVI به دلیل ضریب اصلاحی خط خاک و شاخص EVI به دلیل درگیر کردن باند آبی و کاهش اثرات پخش اتمسفری پهنه‌های آبی که به صورت پراکنده در منطقه وجود دارند را بیشتر از شاخص NDVI شناسایی می‌کنند. شکل‌های ۶، ۷ و ۸ مناطق آب استخراج شده توسط شاخص‌های NDVI، EVI و SAVI است که در زیر آورده شده است.

#### نتایج شاخص‌های شناسایی پهنه‌های آبی

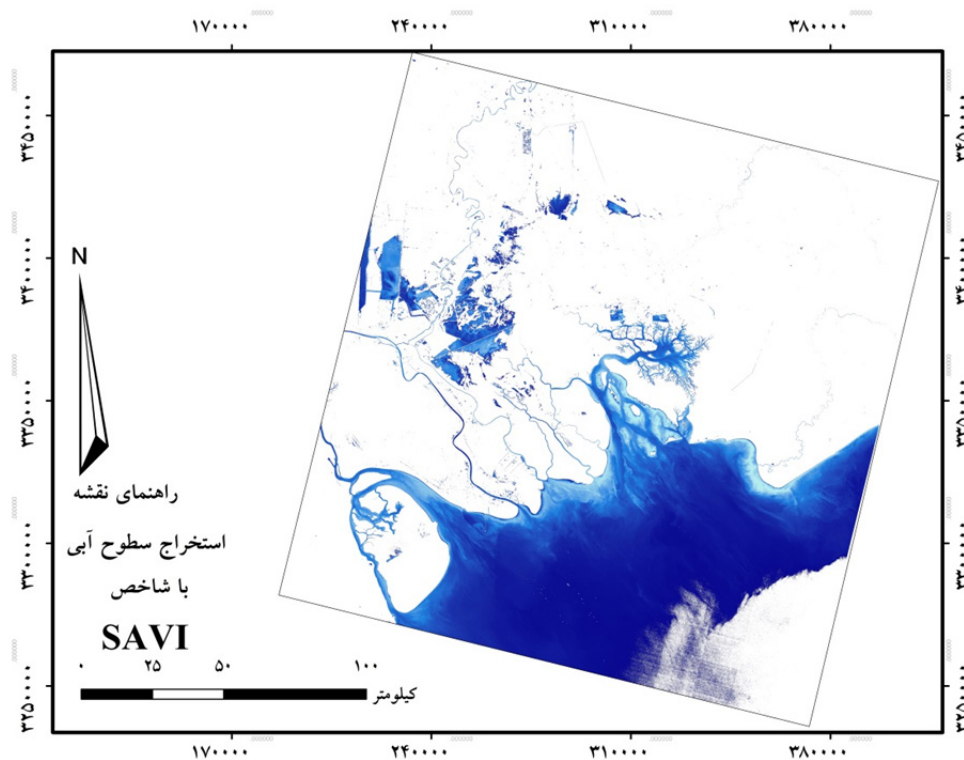
شاخص‌های NDVI، EVI و SAVI که بر اساس شناسایی سطح زمین بر پایه پوشش گیاهی هستند، به دلیل وجود باند مادون قرمز نزدیک و به دلیل دارا بودن پوشش گیاهی از آب، بیشترین بازتابش گیاهی در این باند وجود دارد. همه مقادیر منفی در این شاخص‌ها متعلق به پهنه‌های آبی است. توانایی شاخص SAVI به مراتب بیشتر از شاخص EVI و NDVI در تشخیص امتداد رودخانه‌ها است، در حالی که شاخص EVI رودخانه را در جاهایی که اطراف آن پوشش



شکل ۶. پهنه‌های آبی استخراج شده با شاخص NDVI



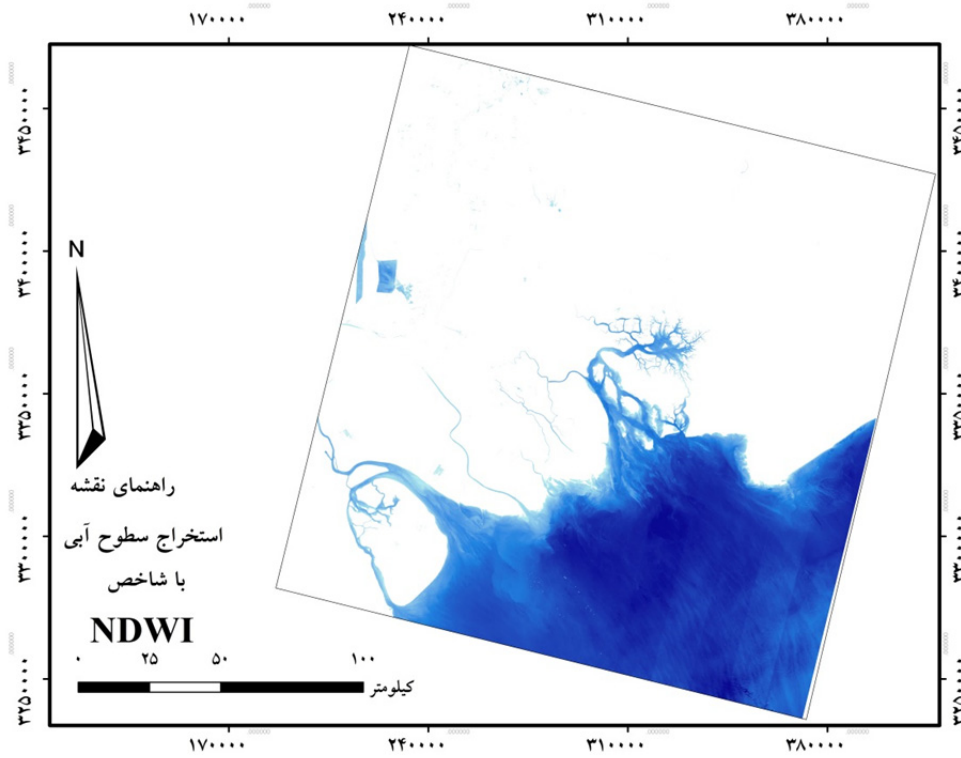
شکل ۷. پهنه‌های آبی استخراج شده با شاخص EVI



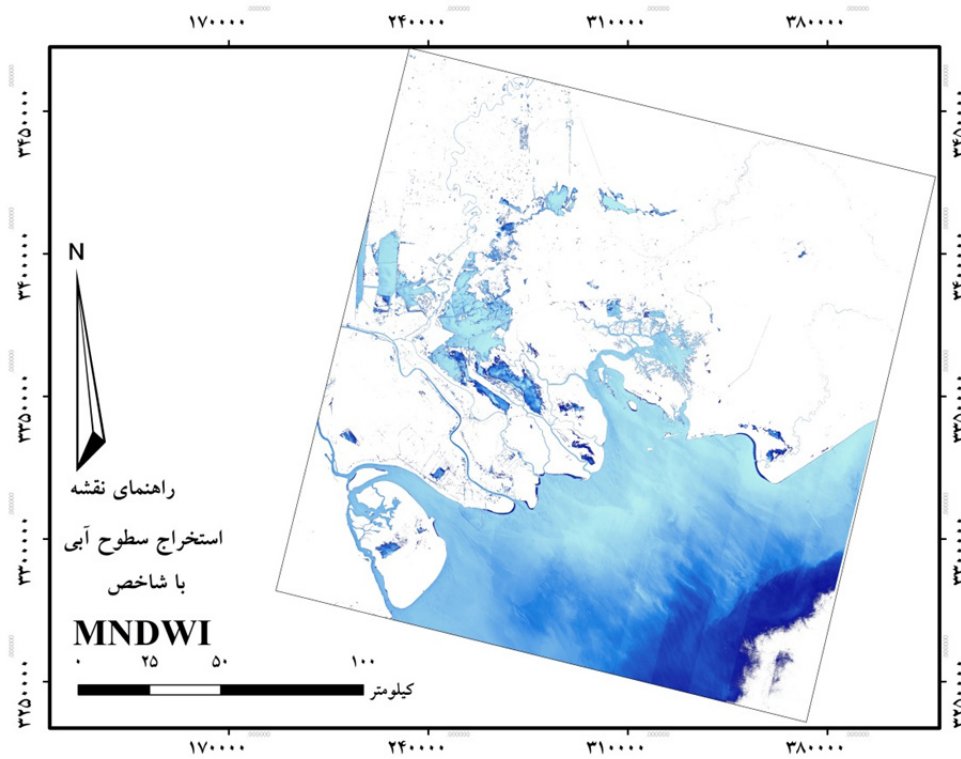
شکل ۸. پهنه‌های آبی استخراج شده با شاخص SAVI

طول موج کوتاه به خوبی از پس شناسایی تالاب با وجود پوشش گیاهی و کلروفیل آ در منطقه برآمد و همچنین تشخیص جزئیات بیشتر در عمق آب مناطق ساحلی بندر ماهشهر نسبت به شاخص NDVI را نمایان گرداند. در شکل‌های ۹ و ۱۰ مناطق آب استخراج شده توسط شاخص‌های NDWI و MNDWI است.

شاخص NDWI در این تصویر به دلیل وجود پوشش گیاهی در سطح تالاب و همچنین وجود کلروفیل آ، به طوری کلی در شناسایی تالاب و پهنه‌های آبی کوچک و غیر ممتد که در مجاورت پوشش گیاهی یا خاک قرار دادند، ناتوان بود در مقایسه با سه شاخص NDVI، EVI و SAVI که باند مادون قرمز نزدیک در آن‌ها دخیل داده می‌شود. در عوض شاخص MNDWI به دلیل درگیر نمودن باند مادون قرمز



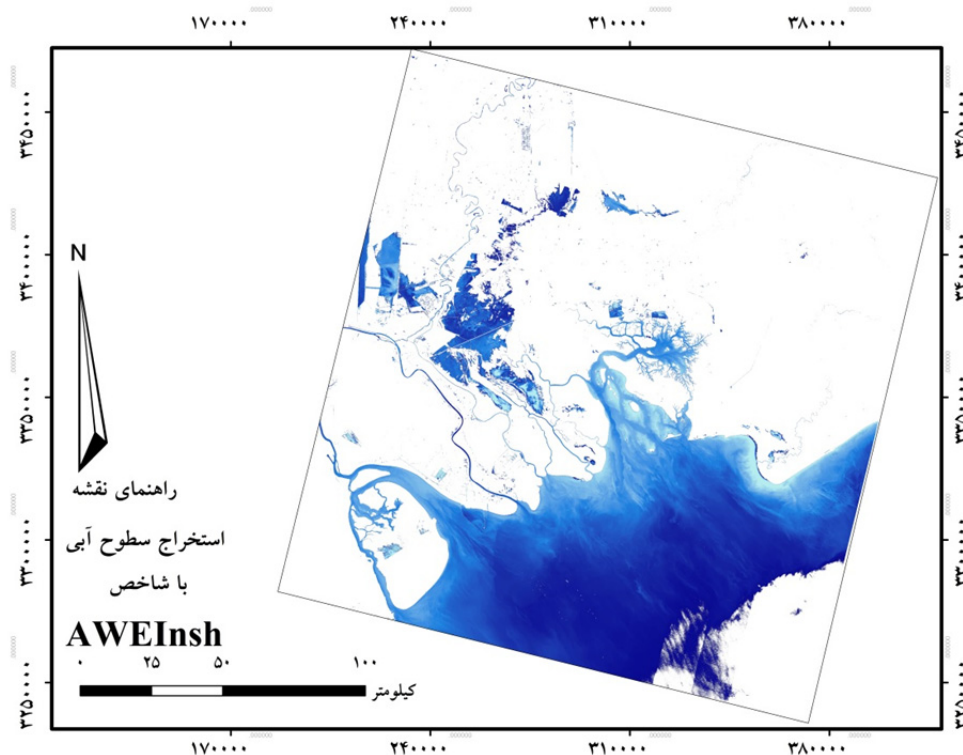
شکل ۹. پهنه‌های آبی استخراج شده با شاخص NDWI



شکل ۱۰. پهنه‌های آبی استخراج شده با شاخص MNDWI

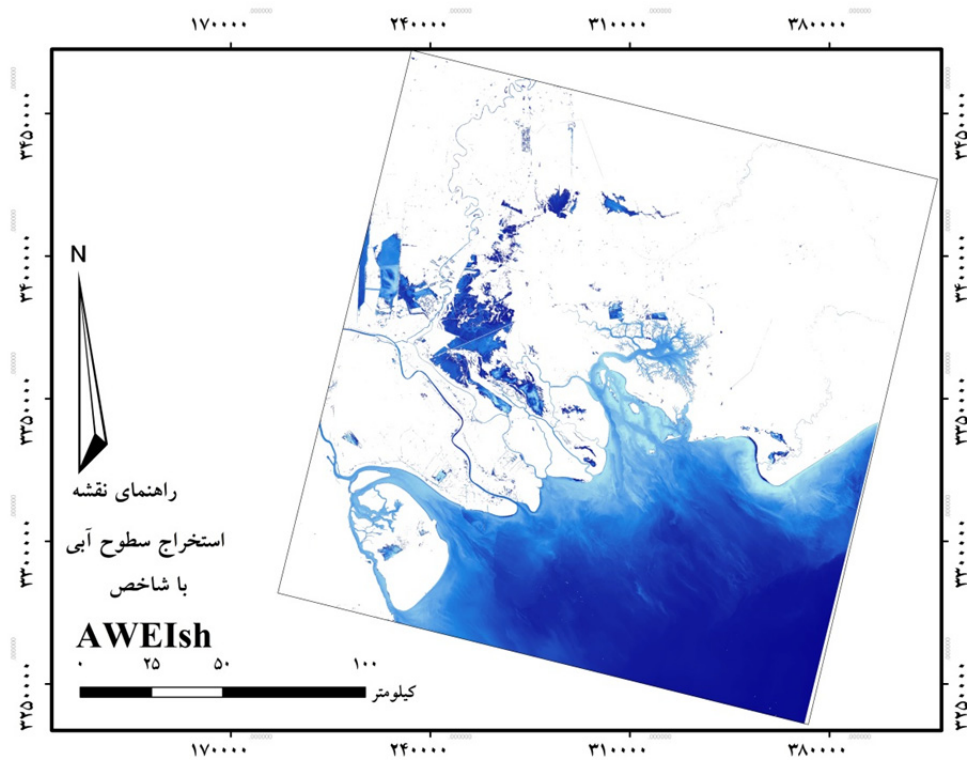
NDWI و طول‌موج‌های مادون‌قرمز کوتاه نسبت به شاخص‌های NDVI، EVI، SAVI عنوان کرد. و همچنین نتایج شاخص استخراج اتوماتیک پهنه‌های آبی در مناطق سایه‌دار AWEIsh، در مقایسه با عملکرد شاخص استخراج اتوماتیک پهنه‌های آبی در مناطق شهری AWEInsh، عملکرد تقریباً یکسان و بهتری نسبت به سایر شاخص‌های دیگر داشت. در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مناطق آب استخراج‌شده توسط شاخص‌های AWEIsh و AWEInsh است.

شاخص استخراج اتوماتیک پهنه‌های آبی در مناطق شهری AWEInsh در تشخیص پهنه‌های آبی چه در رودخانه‌ها، سواحل بندر ماهشهر، رودهای عبوری بهمن‌شیر و اروند از شهرهای آبادان و خرمشهر، همچنین رود عبوری از مزارع نیشکر شیرین شهر اهواز و در آخر تالاب شادگان و حوضچه‌های تصفیه نمک، نسبت به سایر شاخص‌های NDVI، SAVI، EVI، NDWI و MNDWI کارایی بیشتری دارد که می‌توان به دلیل درگیر نمودن تمامی طول‌موج‌های مادون‌قرمز کوتاه و مادون‌قرمز نزدیک در این شاخص را نسبت به شاخص



شکل ۱۱. پهنه‌های آبی استخراج‌شده با شاخص AWEInsh

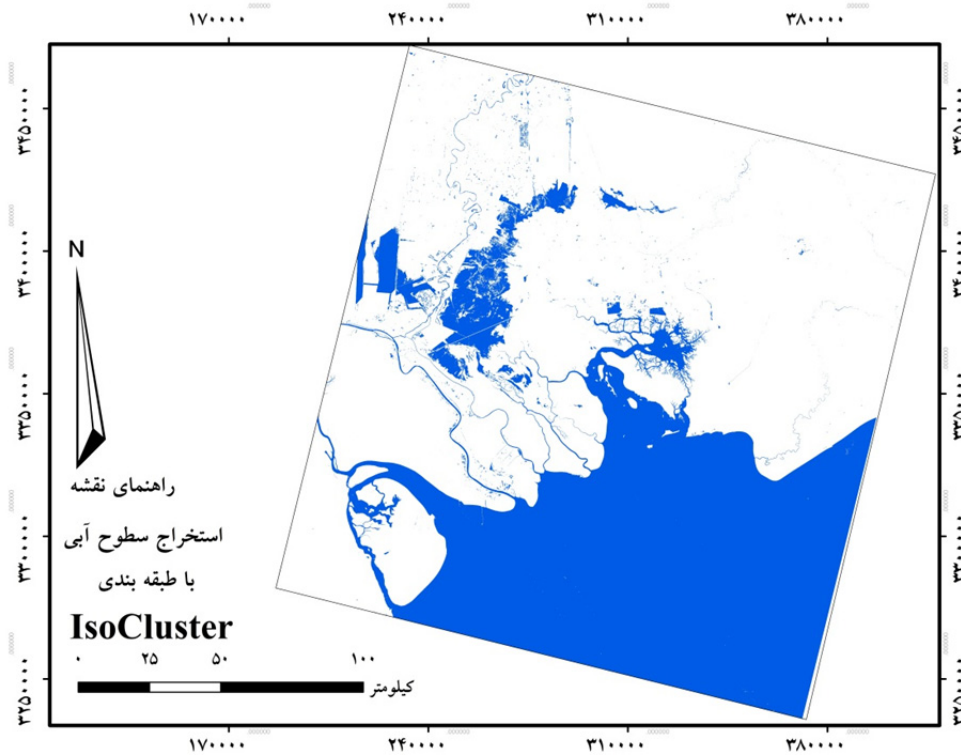




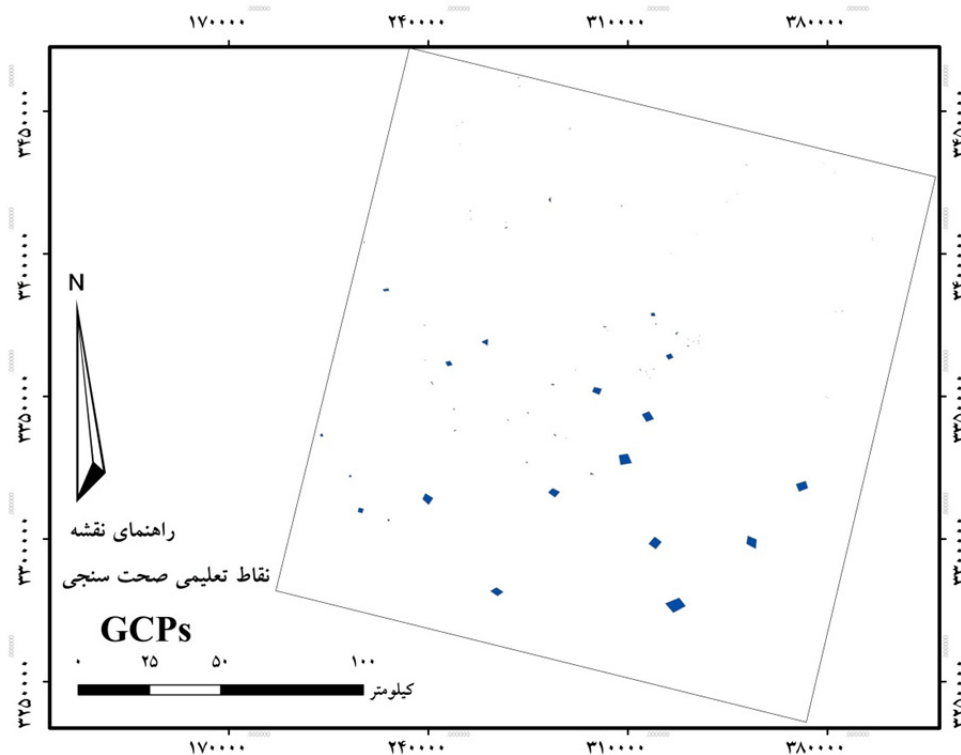
شکل ۱۲. پهنه‌های آبی استخراج‌شده با شاخص AWEIsh

ثبت و آورده شده است، برابر با مقدار ۹۴٪ شد (شکل ۱۵). در هرکدام از شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ پهنه‌های آبی و رودخانه‌ها به روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده مشخص گردیده است.

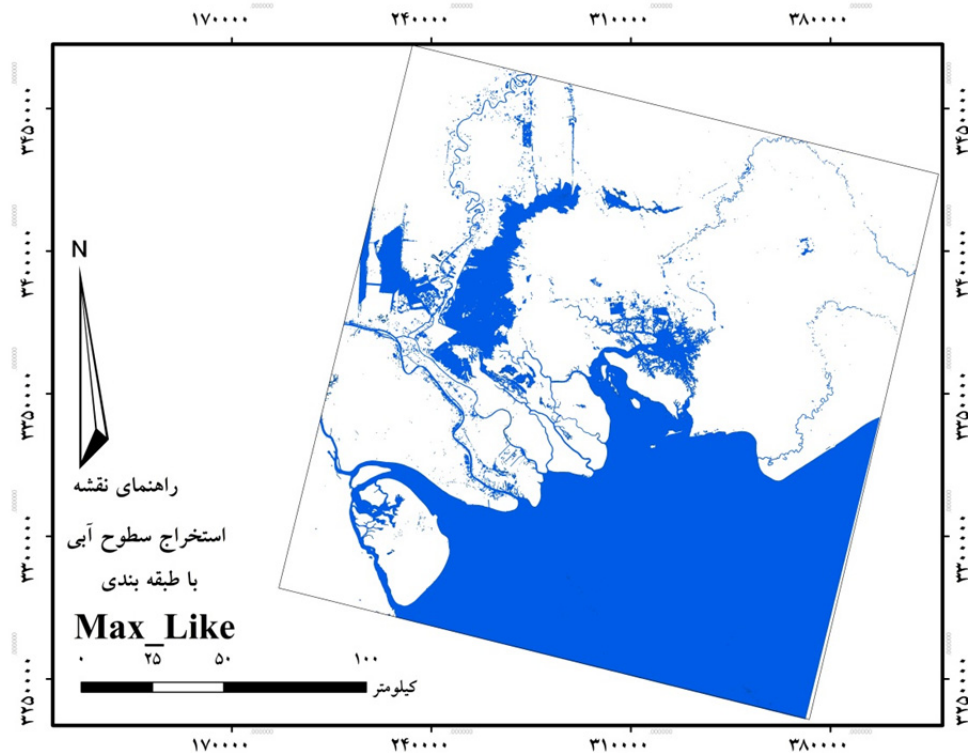
نتیجه ضریب کاپا برای ارزیابی و صحت‌سنجی نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده بر اساس روش بیشترین شباهت، با توجه به تعداد ۷۴ نقطه کنترل زمینی که در شکل ۱۴، پراکنش آن از نتایج شاخص‌ها و بررسی دقیق با تصاویر گوگل ارث و نقشه‌های زمین‌شناسی (درمجموع آنکیلاری دیتا) برداشت،



شکل ۱۳. پهنه‌های آبی استخراج شده با طبقه‌بندی IsoCluster



شکل ۱۴. تعداد و پراکنش نقاط کنترل زمینی برای طبقه‌بندی نظارت شده



شکل ۱۵. پهنه‌های آبی استخراج شده با طبقه‌بندی Maximum Likelihood

## بحث و نتیجه‌گیری

بهره برد. استخراج پهنه‌های آبی با روش طبقه‌بندی نظارت شده بسیار شبیه به عملکرد شاخص‌های استخراج اتوماتیک آب در مناطق شهری و سایه‌دار است، که این مزیت از باب صرفه‌جویی در هزینه و زمان بسیار کاربردی و مورد اهمیت بوده، هم‌چنین در مواقعی که کارشناس به دلایل عدم تجربه کافی، تخصص، خستگی و نداشتن هزینه و زمان لازم برای پیمایش میدانی و گرفتن نقاط کنترل زمینی دچار محدودیت بود، می‌توان به نتایج شاخص‌های استخراج خودکار پهنه‌های آبی بسنده نمود.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که ترکیب‌هایی که حاوی باندهای ۱ و ۲ هستند به دلیل عملکرد و نفوذ خود در آب حاوی بیشترین اطلاعات غیرتکراری در مورد آب هستند، هم‌چنین میزان شوری و شیرینی و روندگی زبانه ورودی آب رودخانه در پیوستن به خلیج را نشان می‌دهد. در بررسی تصاویر مشخص شد که انتخاب تصویر براساس تجربه یا استفاده از ترکیب رنگی واقعی برای همه مناطق به‌ضرورت تصویر مناسب برای پردازش نبوده و باید انتخاب تصویر به

نتایج این تحقیق با تحقیقات فیسا و همکاران (۱۴) در ارائه راهکارهای جدید در نقشه‌برداری سطوح و پهنه‌های آبی با تصاویر ماهواره‌اندست ۵ سنجنده TM منتشر گردید همخوانی دارد، آن‌ها دقت تفکیک سطوح آبی از خشکی را با روش AWEI با شاخص MNDWI و هم‌چنین با روش Maximum Likelihood مقایسه و دقت روش شاخص برداشت اتوماتیک آب را بیشتر از سایرین و معنادار گزارش دادند. با تحقیقات ناندی و همکاران (۲۰) در دریاچه چیلیکا در ایالت اودیشای هند، که در مطالعه تشخیص خودکار پهنه‌های آبی از خشکی، شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI بهترین نتایج برای شناسایی پهنه‌ها و تغییرات زمانی دریاچه را داشتند، همخوانی دارد و در این منطقه برای شناسایی پهنه‌های آبی و تغییرات زمانی آن‌ها می‌توان از شاخص‌های استخراج اتوماتیک آب در مناطق شهری و سایه‌دار و هم‌چنین از شاخص اصلاح‌شده تفاضلی نرمال آب

9. Campos JC, Sillero N, Brito JC. 2012. Normalized difference water indexes have dissimilar performances in detecting seasonal and permanent water in the Sahara-Sahel transition zone. *Journal of Hydrology*, 464: 438-446.
10. Chander G, Markham B. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11): 2674-2677.
11. Chander G, Markham BL, Barsi JA. 2007. Revised Landsat-5 thematic mapper radiometric calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(3): 490-494.
12. Chander G, Markham BL, Helder DL. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM<sup>+</sup>, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5): 893-903.
13. Ding X, Li X. 2011. Monitoring of the water-area variations of Lake Dongting in China with ENVISAT ASAR images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(6): 894-901.
14. Feyisa GL, Meilby H, Fensholt R, Proud SR. 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140: 23-35.
15. Henderson F. 1995. Environmental factors and the detection of open surface water areas with X-band radar imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 16(13): 2423-2437.
16. Jiongheng L, Yongwei S, Zhanfeng S, Junlili D. 1999. High-precise water extraction based on spectral-spatial coupled remote sensing information. *Institute of Remote Sensing Application, USA, LA 90095-1524*.
17. Khorram S. 1985. Remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(3): 329-341.
18. Moradi M, Sahebi M, Shokri M. 2017. Modified optimization water index (MOWI) for Landsat-8 OLI/TIRS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(4/W4): 185-190.
19. Nandi D, Chowdhury R, Mohapatra J, Mohanta K, Ray D. 2018. Automatic Delineation of Water Bodies Using Multiple Spectral Indices. *Themed Section: Engineering and Technology* 4(4): 498-512.
20. Ouma YO, Tateishi R. 2006. A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes: an empirical analysis using Landsat TM and ETM<sup>+</sup> data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(15): 3153-3181.
21. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
22. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
23. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
24. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
25. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
26. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
27. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
28. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
29. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
30. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
31. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
32. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
33. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
34. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
35. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
36. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
37. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
38. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
39. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
40. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
41. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
42. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
43. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
44. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
45. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
46. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
47. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
48. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
49. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
50. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
51. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
52. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
53. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
54. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
55. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
56. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
57. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
58. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
59. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
60. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
61. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
62. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
63. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
64. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
65. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
66. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
67. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
68. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
69. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
70. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
71. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
72. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
73. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
74. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
75. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
76. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
77. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
78. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
79. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
80. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
81. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
82. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
83. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
84. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
85. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
86. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
87. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
88. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
89. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
90. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
91. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
92. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
93. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
94. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
95. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
96. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
97. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
98. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
99. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.
100. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of water quality in the Mense river estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1): 1-12.

## منابع مورد استفاده

۱. حسینی‌حمید، م.، م. اکبری نسب و ط. صفرزاد. ۱۳۹۵. محاسبه شاخص اندیس بهینه برای پایش آلودگی منابع آب با تصاویر ماهواره‌ای: مطالعه موردی حوزه دریای عمان. نشریه علمی - پژوهشی هیدروفیزیک، ۲(۱): ۳۵-۴۵.
۲. خسروی، م.، ع. ر. انتظاری، ا. رحمانی و م. باعقیده. ۱۳۹۶. پایش تغییرات سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور. هیدروژئومورفولوژی، ۴(۱۳): ۹۹-۱۲۰.
۳. رزمی، م.، ح. محمدعسگری، ع. داد‌اللهی سهراب، س. م. ج. و س. ح. ناظم‌السادات، خزاعی. ۱۳۹۶. ارزیابی استفاده از شاخص بهینه و MNDWI در بررسی تغییرات خط ساحلی شمال خلیج فارس (منطقه مورد مطالعه: دیر). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۱): ۵۲-۶۵.
۴. طاهریان، ا.، م. خواستار بروجنی و ح. صمدی. ۱۳۹۴. مقایسه شاخص‌های آب به‌منظور تفکیک خودکار رودخانه‌های کم‌عرض و کم‌عمق در تصاویر لندست. سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۷(۴): ۹۹-۱۱۶.
۵. علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۹۲. کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین (علوم خاک). چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.

6. Abrams M, Hook S, Ramachandran B. 1999. *ASTER User Handbook Version 2*. Pasadena: JPL/EROS Data Center/NASA.
7. Bernstein LS, Jin X, Gregor B, Adler-Golden SM. 2012. Quick atmospheric correction code: algorithm description and recent upgrades. *Optical Engineering*, 51(11): 111719.
8. Bhargava D, Mariam D. 1992. Cumulative effects of salinity and sediment concentration on reflectance measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 13(11): 2151-2159.

- sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5): 381-402.
22. Smith LC. 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: A review. *Hydrological Processes*, 11(10): 1427-1439.
23. Thome KJ, Biggar SF, Slater PN. 2001. Effects of assumed solar spectral irradiance on intercomparisons of earth-observing sensors. In: *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites V*. International Society for Optics and Photonics, pp 260-269.
24. Wang S, Baig MHA, Zhang L, Jiang H, Ji Y, Zhao H, Tian J. 2015. A simple enhanced water index (EWI) for percent surface water estimation using Landsat data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(1): 90-97.
25. Yu X, Guo X, Wu Z. 2014. Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS-Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Remote Sensing*, 6(10): 9829-9852.



## Evaluation of indicators of remote sensing measurement in quantitative and qualitative studies of surface water with Landsat-8 satellite images (Case study: South of Khuzestan province)

S. R. Mir Alizadehfard <sup>1</sup>, S. Mansouri <sup>2\*</sup>

1. Lecturer, Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Payam Noor University

2. MSc. Graduated of Range Management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 21 September 2018

Accepted 26 June 2019

Available online 11 August 2019

#### Keywords:

Surface water  
Jarahi-Zohreh river  
Karun river  
Landsat  
Khuzestan

### ABSTRACT

Water as one of the most basic needs of our present life and the extent of our use in drinking, agriculture, industry, economic, social, and political-security politics make us to identify with minimal cost savings and time characteristics of the watersheds, rivers and water levels by various methods, including the use of satellite imagery. The purpose of this research was to evaluate the methods of detecting zones, water levels and rivers with indicators; Normalized difference vegetation index, Enhanced vegetation index, Soli adjusted vegetation index, Normalized difference water index, Modified normalized difference water index, Automated water extraction index, Automated water extraction index and Unsupervised IsoCluster and supervised Maximum likelihood classification methods to identification waters basin and the Optimum factor index for identifying the quality of water in terms of salinity, as well as determination infiltrate tabs water entering the larger zones in the part of the basins of the Karun river, Jarahi-Zohreh in the southern province of Khuzestan, with Landsat-8 satellite Land Earth Observations sensor. The results of the study showed that the automatic indicators of the extraction of water in shadow and urban areas are more effective than other indicators because of the consideration of short-range infrared wavelengths in water identification. With the results of the Supervised classification method, they were Maximum likelihood to the Kappa coefficient of the same 94% and the same performance. The results of the Optimum factor Index indicator for the detection of salinity water and the determination infiltrate tabs water Show the most useful information and remove duplicate image banding data the Landsat-8 satellite Earth Observation Sensor was 79.10% for the color combination RGB of 651.

\* Corresponding author e-mail address: [Shahrouz\\_mansouri@yahoo.com](mailto:Shahrouz_mansouri@yahoo.com)