ارزیابی شاخص SDI، NDWI، SDI و AWEI در استخراج خطوط ساحلی و مساحت پیگره آبی تالاب شادگان

چکیدہ

تنوع زیستی، اهمیت زیستمحیطی تالابها و نقش آنها در تولید محصولات کشاورزی و صنعتی و تأثیرپذیری این اکوسیستمها از تغییر اقلیم و فعالیتهای انسانی، بررسی و ارزیابی تغییرات سطح اَب تالابها حائز اهمیت است. در مطالعات اخیر، اثرات تغییر اقلیم و توسعه شتابزده صنعتی و تغییر کاربری تالاب عوامل اصلى كاهش سطح آب تالابها شناختهشدهاند. در اين مطالعه تغييرات تالاب شادگان در طي سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ با به کارگیری تصاویر ماهوارهای و شاخصهای چند طیفی آب مورد ارزیابی قرارگرفته است. شاخص تفاضلی نرمال آب (NDWI)، شاخص تفاضلی بهبودیافته آب (MNDWI)، شاخص تفاضلي نرمال رطوبت (NDMI)، شاخص استخراج اتوماتيك آب (AWEI) و تصاوير دو سنجنده با دقت متوسط سنجنده TM لندست ۷ و سنجنده OLI لندست ۸ در طی یک دهه بررسی شده است. این مطالعه بر روی تالاب شادگان، یکی از تالابهای بین المللی ایران انجامشده است. نتایج نشان میدهد که دقت کلی تمام روشها بین ۶۴ تا ۸۹ درصد و همچنین با روش خطای کمترین مربعات (RMSE) دقت این روش ها بررسی شده است. شاخص NDMI با دقت کلی ۸۹ درصد و خطای کمترین مربعات ۹۴/۵۲ حدود تالاب را بهخوبی مشخص کرده است و شاخص NDWI با دقت کلی ۶۴ درصد و خطای کمترین مربعات ۱۶۵/۹۸ متر عملکرد خوبی در استخراج خطوط ساحلی نداشته است. به کارگیری سنجندههای متفاوت نشان میدهد که سنجنده OLI لندست ۸ نسبت به سنجنده TM لندست ۷ دقت کلی بالاتری دارد. افزایش شاخص پیشروی خط ساحلی SDI در طی یک دهه حاکی از کاهش مساحت تالاب شادگان و افزایش طول خط ساحلی میباشد.

واژگان کلیدی: شاخصهای چند باندی، شادگان، تالاب، پیکره آبی.

مریم اَقامیری[،] زهرا عزیزی^۳* جلیل ایمانی هرسینی^۳

 ۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش ازدور و GIS، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. استادیار گروه سنجش ازدور و GIS، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ۳. استادیار گروه علوم محیطزیست و جنگل، واحد علوم و تحقیقات،دانشکده منابع طبیعی و

محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*مسئول مكاتبات: zazizi@srbiau.ac.ir

کد مقاله: ۱۴۰۱۰۲۰۹۹۹ تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰ این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایاننامه کارشناسی ارشد است.

مقدمه

پیکرههای آبی یکی از حیاتی ترین منابع زمین محسوب می شوند. تغییر اقلیم جهانی و افزایش فعالیتهای انسانی باعث ایجاد تغییرات بزرگی در پیکرههای آبی سطح زمین شده است (Tao *et al.*, 2015؛ Zhou *et al.*, 2017). این تغییرات در پیکرههای آبی به میزان قابل توجهی بر تولید محصولات کشاورزی و صنعتی (Anderson *et al.*, 2012؛ Sharma *et al.*, 2015) و همچنین امنیت محیطی و اکولوژیکی (Palmer *et al.*, 2015) تأثیر دارد. به علاوه، استخراج پیکره آبی از مهم ترین امور در مدیریت منطقه ای دریاچههای ساحلی، پایش فرسایش و تغییرات ساحلی، پیش بینی سیل و ارزیابی منابع آبی می باشد همچنین پایش زمانی سطوح آبی و بدست آوردن دادههای دینامیک و پویای سطح آب به منظور پردازش های مدیریتی و راهبردی امری ضروری می باشد (Sarp and Ozcelik, 2017).



با توسعه سریع فناوری سنجش از دور در سالهای اخیر، تهیه نقشههای آبی و بررسی تغییرات بر اساس تصاویر سنجش از دور ماهوارهای به یک رویه اصلی و مهم تبدیل شده است (Tao et al., 2015؛ Zhou et al., 2017). دادههای سنجش از دور به یک منبع مهم برای تجزیه و تحلیل و بررسی تغییرات منابع مختلف زمینی خصوصاً منابع آبی تبدیل شده است (Feyisa et al., 2014؛ Feyisa et al., 2014).

روشهای سنجش از دوری به دلیل سطح پوشش وسیع، کم هزینه بودن و دسترسی در زمان کم و آسان مناسبتر از روشهای سنتی دیگر میباشند (Ozturk and Sesli, 2015؛ Li *et al.*, 2021؛ انابراین بکارگیری دادههای ماهوارهای به صرفه و سریع میباشند و امکان استفاده از دادههای موجود و آرشیوی را فراهم میکنند (El-Asmar, 2013). گیرندههای ماهوارهای با دقت مکانی و زمانی و طیفی مختلفی به منظور استخراج و آنالیز دادههای مرتبط با آبهای سطحی بکار گرفته شده است. ماهوارههای لندست از پرکاربردترین گیرندههای ایتیکی در تحقیقات زیست محیطی و آبهای سطحی میباشند (Ji *et al.*, 2009؛ Feyisa *et al.*, 2014). علاوه بر این، دادههای ماهوارهای پایگاه داده خوبی زیست محیطی و آبهای سطحی میباشند (Ji *et al.*, 2009؛ Feyisa *et al.*, 2014). علاوه بر این، دادههای ماهوارهای پایگاه داده خوبی برای جمعآوری اطلاعات مکانی خطوط ساحلی فراهم میکنند (Ji *et al.*, 2015). تصاویر ماهوارهای لندست دارای آرشیوی با قدمتی

به طور کلی، فن آوریهای طبقهبندی نظارت شده بر اساس تجزیه و تحلیل امضای طیفی به طور موثری میتوانند پیکرههای بزرگ آبی را شناسایی و تشخیص دهند ولی این روشها به هنگام تهیه نقشه سریع و مجدد از پیکرههای بزرگ آبی محدود می شوند (Gisha et al., 2022).

همچنین در مناطقی که پیشزمینه پوشش زمینی ألبدوی پایینی دارند مانند أسفالت، ساختمانها، سایهها و ابرها و همچنین در تصاویر سایهدار به دليل الگوى بازتاب طيفى مشابه پيكرههاى أبى باعث طبقهبندى نادرست مىشود، بعلاوه اين شباهت دقت استخراج سطوح أبى را كاهش مىدهد (Sarp and Ozcelik, 2017). از اين رو، الگوريتم شاخص طيفي آب روشي مهم براي استخراج سريع پيكرههاي آبي بزرگ مقياس میباشند و به دلیل ویژگیهای منحصر بفرد پیکرههای آبی در باندهای مرئی و مادون قرمز، روش شاخص طیفی آب و حد آستانه گذاری کاربرد زیادی دارد (Zhou et al., 2017؛ Serban et al., 2022؛ Zhou et al., 2017). بهطوری که Gautama و همکاران (۲۰۱۵) با بهکارگیری تصاویر +ETM لندست ۷ تغییرات پیکره آبی Bangalore در طی سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ با بهکارگیری شاخص نسبتی آب WRI و شاخص تفاضلی نرمال آب NDWI و شاخص تفاضلی بهبودیافته آب MNDWI و طبقهبندی نظارتشده و روش تبدیل K-T را بررسی کردند. برای هر روش یک حد آستانه مناسب برای مناطق شهری انتخابشده و نتایج هر روش با دادههای زمینی مقایسه شدهاند. نتایج مطالعه تغییر قابلتوجهی را در سطح آب در طی ۱۲ سال نشان داد. نتایج اجرای طبقهبندی نظارتشده و شاخص WRI و شاخص MNDWI تقریباً باهم تطابق دارند. Nandi همکاران (2018) تغییرات سطحی آب دریاچه Chilika را در طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴ را با به کارگیری تصاویر چند زمانه و روش شاخصهای طیفی أب بررسی کردند. در این مطالعه شاخصهای طیفی استخراج خودکار أب AWEI, NDWI, MNDWI بکار گرفتهشده است. نتایج حاكي است كه شاخص NDWI براي تفسير گستردگي نواحي أبي همه تصاوير لندست مناسب ميباشد، ولي شاخصهاي AWEI, MNDWI فقط برای تصاویری که دارای باند MIR هستند بکار گرفته میشود و شاخص MNDWI میزان سطح آب دریاچه Chilika را بهطور کامل تخمين مىزند. Zhou و همكاران (۲۰۱۷) شش شاخص بسيار پركاربرد آب شامل تسلد كپ TCW، شاخص تفاضلى نرمال آب NDWI، شاخص تفاضلي بهبوديافته نرمال آب MNDWI، جمع مادونقرمز نزديک و دو موجکوتاه مادونقرمز Sum47، شاخص استخراج خودکار آب AWEI، شاخص أب سطح زمين LSWI و همچنين سه گيرنده با وضوح متوسط -Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI, and Sentinel 2 MSI را برای استخراج آبهای سطحی در حوزه دریاچه پایونگ در چین، بررسی و مقایسه کردند. نتایج بهدستأمده نشان میدهد که تمام الگوریتمها دارای دقت بالای ۰٫۷۷ تا ۰٫۹۲ با ضریب کاپا هستند. الگوریتم شاخص NDWI کمی بهتر از الگوریتم سایر شاخصهای آب در منطقه موردمطالعه عمل میکند که میتواند مربوط به خلوص آب پیکره آبی باشد، درحالیکه حساسیت شاخصهای آب میتواند برای شرایط مختلف پیکره آبی عملکرد متفاوت داشته باشد. نقشههای حاصل از دادههای 8 Landsat و 2-Sentinel دارای دقت کلی بالاتری نسبت به دادههای Landsat 7 میباشند. به طور خاص، هر سه سنسور دارای دقت تولیدکننده مشابه درحالی که Landsat 7 نتایج دقت کاربر کمتری داشتند. در بررسیهای انجام شده فقط شاخصهای چند باندی آب در استخراج خطوط ساحلی دریاچه ها بکار گرفته شده است و این شاخصهای چند باندی با شاخص رطوبت مقایسه نشده است و همچنین برای تشخیص حدود تالاب نیز ارزیابی نشده اند که در این مطالعه به بررسی و مقایسه این شاخصها پرداخته شده است.

تالاب شادگان بزرگترین تالاب بینالمللی ایران و یکی از مهم ترین و ارزشمندترین تالابهای کشور و حتی جهان میباشد. وسعت تالاب، طبیعی بودن آن و ورود سیلابهای ناشی از طغیان رودخانه جراحی به این تالاب و تأثیر جزر و مد خلیجفارس بر این تالاب، برای مطالعه در نظر گرفتهشده است. همان طور که ذکر شد علاوه بر وسعت تالاب، متغیر بودن عمق تالاب و وجود آبهای سطحی در تمام فصول و مهار سیلابهای ناشی از رودخانهها و نقش مهمی که این تالاب در تنظیم ریز اقلیم منطقه (حرارت و رطوبت) ایفا میکند. در سال های اخیر این تالاب ارزشمند تحت تأثیر عوامل طبیعی و عوامل غیرطبیعی و انسانی نظیر تغییر کاربری اراضی، ورود پسابهای کشاورزی، صنعتی و خانگی به درون آن، سدسازی غیر کارشناسی در بالادست رودخانه ی جراحی و اقداماتی از این قبیل در معرض خشک شدن و نابودی قرارگرفته است، لذا پایش و نظارت بر روند تغییرات تالاب شادگان امری ضروری به شمار میآید.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی تغییرات تالاب شادگان با روش شاخصهای چند باندی می باشد؛ بنابراین، در این مطالعه از تصاویر لندست TM و OLI و روش شاخصهای طیفی آب به منظور استخراج پیکره آبی استفاده شده است. همچنین الگوریتم شاخص تفاضلی نرمال شده آب NDWI و شاخص بهبودیافته تفاضلی نرمال آب MNDWI و شاخص استخراج اتوماتیک آب AWEI و شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت NDMI بکارکرفته شده است. روشهای پیشنهادی بالا، در ابتدا در گیرنده خاصی آزمایش شده و دقت نتایج استخراج پیکره آبی زمانی که از گیرنده دیگری استفاده می شود، ممکن متفاوت باشد. تصاویر لندست MT دارای دقت طیفی و مکانی متوسطی می باشد و تصاویر لندست OLI

مواد و روشها

تالاب شادگان در جنوب غرب ایران در استان خوزستان واقعشده است (شکل ۱). تالاب شادگان در پاییندست حوضه رودخانه جراحی حدفاصل شهرهای شادگان، آبادان و ماهشهر در استان خوزستان قرار دارد و از سه زیر حوضه اصلی به نام های مارون، الله و جراحی تشکیل شده است و در پاییندست، به خلیجفارس می پیوندد. موقعیت مکانی این تالاب '۲۰"E ۴۸°۴۹ و "۳۱' ۳۰ N ۳۰° می باشد. مساحت این تالاب بر اساس کنوانسیون رامسر ۴۰۰۰ کیلومترمربع یا ۴۰۰ هزار هکتار می باشد و ارتفاع تالاب ۰ تا ۵ متر از سطح تراز دریا می باشد.

منابع تأمین کننده آب تالاب شادگان رودخانه جراحی و نهر بحره میباشند و همچنین مسیل مالح از شمال تالاب و گاهگاه سرریز رودخانه کارون و جزر و مد خلیجفارس و نزولات جوی منابع دیگر تأمین کننده آب تالاب میباشند. بخش شمالی تالاب دارای آب شیرین بخش میانی آب لبشور و بخش جنوبی که تحت تأثیر خلیجفارس میباشد دارای آبشور است.



شکل ۱: موقعیت تالاب شادگان (الف) استان خوزستان، (ب) ایران.

OLI تصاویر ماهوارهای مورداستفاده در تحقیق حاضر، تصاویر فوریه سال۲۰۰۸ سنجنده TM لندست ۷ و تصاویر ژانویه سال ۲۰۱۸ سنجنده USGS لندست ۸ استفادهشده است. به دلیل دقت طیفی مناسب تصاویر لندست و آرشیو این تصاویر و دسترسی آسان، تصاویر لندست از سایت دانلود شد و برای بررسی دقت آنالیزها، تصویر با دقت مکانی بالای گوگل ارث نیز بهعنوان مرجع بکار گرفتهشده است. جدول ۱، مقایسه باتدهای موردمطالعه بین سنجنده TM لندست ۷ و سنجنده OLI لندست ۸ را نشان میدهد.

Bands	Landsat 7(Landsat 7(TM)		OLI)
	Wavelength(µm)	Resolution	Wavelength(µm)	Resolution
Blue	•/40 — •/02	۳.	۰/۴۵ — ۰/۵۱	۳.
Green	۰/۵۲ — ۰/۶۰	۳.	•/۵۳- •/۵۹	۳.
Red	•/۶٣ •/۶٩	۳.	•/۶۴- •/۶٧	۳.
NIR	٠/ <i>٧۶</i> - /٩٠	۳.	•/\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	۳.
SWIR1	1/20 - 1/20	۳.	1/DV- 1/8D	۳.
SWIR2	۲/۰۸- ۲/۳۵	٣.	۲/۱۰- ۲/۲۸	٣.

جدول ۱: مقایسه باندهای لندست ۲ (ETM) و لندست ۸ (OLI) سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸.

برای ورود دادهها در محیط GIS نیاز بهپیش پردازش و پردازشهایی میباشد تا دادهها تبدیل به دادههای Geo-Proccenig شده و آماده ورود به سیستم شود. پیش پردازشها در نرمافزار VI 5.1 EN انجامشده است.

DN یا ارزشهای رقومی تصاویر لندست ۷ و ۸ به ارزشهای رفلکتنس Top of Atmospher تبدیل شدند که کالیبراسیون رادیومتریک میباشد که این پردازش متغیرهای فاصله زمین تا خورشید و زاویه زینتی خورشید در سنسورهای مختلف را از بین میبرد (Ozturk and Sesli , میباشد که این پردازش متغیرهای فاصله زمین تا خورشید و زاویه زینتی خورشید در سنسورهای مختلف را از بین میبرد (Sourk and Sesli , میباشد که این پردازش متغیرهای فاصله زمین تا خورشید و زاویه زینتی خورشید در سنسورهای مختلف را از بین میبرد (Ozturk and Sesli , میباشد که این پردازش متغیرهای فاصله زمین تا خورشید و زاویه زینتی خورشید در سنسورهای مختلف را از بین میبرد (Sourk and Sesli , مدل کلی Ozturk object Subtraction به منظور تصحیح رادیومتریکی بکار گرفته شد و عدم نیاز به مشاهدات زمینی این روش یکی از بهترین روش ها برای مطالعات بررسی تغییرات میباشد (Ozturk and Sesli, 2015). جداسازی خطوط ساحلی بهمنظور نمایش مناطق اشباع شده آبی در محدوده آب-خشکی بسیار پیچیده میباشد. شاخصهای نرمال سازی باندهای بازتابی مختلف را برای شناسایی و استخراج سطوح آبی ترکیب مینمایند. این دسته از روش ها، روش هایی هستند که از ترکیب دو یا چند باند و آستانه گذاری برای شناسایی سطوح آبی استفاده

Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-27

مینمایند. بدین منظور (تغییرات سطوح آبی) باید در هر دوره زمانی ابتدا سطوح آبی را شناسایی نمود و سپس تغییرات آنها را بررسی نمود. شاخصهای طیفی آب مختلفی بهمنظور استخراج پیکرههای آبی از تصاویر سنجش ازدور گسترش یافتهاند که این توسعه با محاسبه اختلاف نرمال بین دو باند تصویر و به کارگیری حد آستانه مناسب بهمنظور طبقهبندی نتایج در دوطبقه (عوارض آبی و غیرآبی) انجامشده است. در این مطالعه شاخصهای NDWI، NDWI، NDWI، معالمه AWEI بهمنظور استخراج تالاب شادگان از تصاویر IT و MT بکار گرفتهشده است. شاخص تفاضلی نرمال آب (NDWI، NDWI، اولین بار توسط NoFeeters) برای تشخیص سطح آب در محیط تالابها و اندازه گیری ابعاد سطح آب پیشنهاد شد. NDWI به صورت رابطه ۱ تعریف می شود:

NDWI = (band green-band nir)/(band green+band nir)	رابطه ۱:

بهعنوان نتیجه، عوارض آبی باارزش رقومی مثبت بارزمی شوند و گیاهان و خاک باارزش رقومی صفر و منفی سرکوب می شوند.

شاخص تفاضلی بهبودیافته نرمال آب (MNDWI) نیز توسط (Xu, 2006) پیشنهاد شد و امروزه متداول میباشد و بهعنوان یک شاخص قدرتمند برای جداسازی پیکرههای آبی میباشد (Lu et al., 2011؛ Sarp and Ozcelik, 2017). این شاخص بهصورت رابطه ۲ بیان میشود:

MNDWI = (band green-band mir)/ (band green+band mir)	رابطه ۲:
--	----------

نتایج نشان میدهد که عوارض آبی مقادیر رقومی مثبت دارند زیرا در باند ۳ سنسور OLI و باند ۲ سایر سنسورها عوارض آبی بازتاب بالاتری نسبت به باند ۶ سنسور OLI و باند ۵ سایر سنسورها دارند و عوارض غیرآبی ارزش رقومی منفی دارند (Xu, 2006). حد آستانه برای این روش صفر میباشد و نتایج به دو کلاس آب و غیر آب طبقهبندی میشوند.

شاخص تفاضلی نرمال رطوبت (NDMI) توسط (Jin and Sader, 2005) گزارش شده است که وابستگی بسیار بالایی با آب گیاهان دارد و بهخوبی تغییرات در زی توده گیاهان و فشارهای آب را بهخوبی مشخص می کند. رابطه ۳ بدین صورت می باشد:

NDMI= (band nir-band mir)/(band nir+band mir)	رابطه ۳:

شاخص استخراج اتوماتیک آب (WEI)، شاخص دیگری است که هدف اصلی این روش جداسازی بهتر و بیشتر پیکسلهای آب و غیر آب با استفاده از باندها و اضافه کردن و اعمال ضرایب مختلف میباشد که بدین منظور دو رابطه ۴ و ۵ بر ای سنسور OLI تعریفشده است:

AWEInsh= 4(band green-band mir) - (0.25 band red+ 2.75 band swir2)	رابطه ۴:
AWEIsh = band blue+ 2.5 band green -1.5 (band nir+band mir) -0.25 band swir2	رابطە۵:

AWEIsh برای تشخیص مؤثر پیکسل های غیر آبی مانند سطوح تیره و مناطق ساخته شده یا مناطق شهری بکار گرفته می شود. AWEIsh با از بین بردن پیکسل های سایه دقت را بهبود می بخشد (Feyisa *et al.*, 2014).

شاخص پیشروی خط ساحلی (SDI)، بر اساس محیط و اندازه گیری مساحت تالاب می باشد. این شاخص از نسبت طول خط ساحلی به مساحت محاسبه می شود و با علامت اختصاری Ds بیان می شود .مساحت و طول تالاب برای شاخص های مختلف محاسبه شده است. شاخص پیشروی خط ساحلی (Ozturk and Sesli, 2015) با رابطه ۶ تعریف می شود:

$Ds = l(4\pi A)^{-0.5}$							بطه ۶:	راب
	1	× 11	1.1.1.1.1	m dul Da	N/10	4	N flm t	1

محيط تالاب و A مساحت تالاب و Ds اندازه تغييرات خط ساحلى تالاب مىباشد. l

jweb.iauahvaz.org

ارزیابی شاخص SDI، NDWI، NDWI و AWEI در استخراج خطوط ساحلی و مساحت پیکره آبی تالاب شادگان / آقامیری و همکاران

پیشروی خط ساحلی (Ds)، معیاری برای بی نظمی خط ساحلی تالاب می باشد (Ozturk and Sesli, 2015). برای تعیین و تشخیص تغییرات در طول خط ساحلی و مساحت و ویژگی های شکلی تالاب، شاخص پیشروی خط ساحلی (Ds) محاسبه شده است. این شاخص برای مقایسه شکل دریاچه و تالاب و ارزیابی تأثیر عوامل مرتبط با ساحل بکار گرفته شده است (Osgood, 2005).

نتایج بهدستآمده از شاخصهای طیفی مختلف و همچنین گیرندههای متفاوت با نقشههای حاصل از گوگل ارث مقایسه و ارزیابی شده است. بعد از اعمال شاخصهای تفاضلی نرمال سازی آب تصاویر حاصل با در نظر گرفتن حد آستانه برای هر روش به تصاویر باینری تبدیل شده و سپس تبدیل به وکتور شدهاند و وارد محیط ARCGIS شده و با مقایسه با نقشههای دقیق گوگل ارث اعتبار سنجی شدهاند. بدین منظور تعدادی نقطه بر روی نقشه زمینی مشخص شده و آب و غیر آب بودن نقاط با تصاویر گوگل ارث مقایسه شده است. همچنین مقادیر SDI حاصل از (۶)

خطای کمترین مربعات بهمنظور اندازه گیری اختلاف بین اندازه پیش بینی شده از مدل با اندازه واقعی بکار گرفته می شود. این اختلافات جزئی باقیمانده نیز نامیده می شود. خطای کمترین مربعات این اختلافات جزئی را به عنوان توان پیش بینی بیان می کند. معادله RMSE به صورت رابطه ۷ می باشد.

DMSE = $\sum_{i=1}^{n} \text{Xobs,I} - \text{Xmodel,i}$		رابطه ۷:
$\text{RMSE} = \sqrt{n}$		
_	** 11. *	** 1 .

Xobs, i مقدار اندازه گیری شده مشاهده I ام و Xmodel, i مقدار پیش بینی شده موقعیت i ام می باشد.

نتايج

چهار شاخص طیفی آب MNDWI ، NDWI و همچنین دو شاخص دیگر NDMI و AWEI در نظر گرفته شده است. حد آستانه ۰/۰۱ برای شاخصهای MNDWI ، NDWI و همچنین دو شاخص دیگر NDMI و AWEI در نظر گرفته شده است. شکل ۲ نتایج استخراج تالاب از ۴ الگوریتم شاخص طیفی و سنجنده OLI سال ۲۰۱۸ را نمایش میدهد. شکل ۳ نشان دهنده نتایج تعیین حدود تالاب از ۴ الگوریتم شاخص طیفی و سنجنده TM سال ۲۰۰۸ می باشد.





شکل۲: حدود تالاب شناسایی شده از طریق شاخصهای نرمالسازی آب لندست ۸ سال ۲۰۱۸. (الف)NDWI،(ب)،NDWI، (ج)NDMI، (د)AWEI



(الف)،NDMI،(ب)،NDWI، (ج)NDWI، (د)

jweb.iauahvaz.org

ارزیابی شاخص NDMI ،NDWI ،SDI و AWEI در استخراج خطوط ساحلی و مساحت پیکره آبی تالاب شادگان / آقامیری و همکاران

جدول ۲: دقت کلی شاخصهای طیفی آب برای سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸.

	NDWI	MNDWI	NDMI	AWEI	Average
Landsat 8 (2018)	%84	×.\r	٨٩%	×17	%٧٩
Landsat 7 (2008)	% ۶ ۴	%AA	%۸۵	%۵۳	×v~
Average	% ۶ ۴	%۸۵	%лү	%PN	%Y۶

جدول ۳: ضریب کاپا شاخصهای طیفی آب برای سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸.

	NDWI	MNDWI	NDMI	AWEI	Average
Landsat 8 (2018)	%۵۴	%91	%૧٠	%۸۵	%∧۰
Landsat 7 (2008)	%87	Χ٨١	%146	% үү	×v٣
Average	%۵٩	%NS	×74	<u>٪</u> ۷۹	%үү

در فرآیند شاخص طیفی آب، حد آستانهای با توجه به دو یا چند باند طیفی و با استفاده از عملیات ریاضی مشتق شده است. این حد آستانه متناسب با خصوصیات طیفی باندها انتخابشده است و دو کلاس آب و غیر آب را از هم جدا میشوند، سپس این کلاسها به وکتور تبدیلشده و وارد محیط Arc Gis شدهاند و مساحت و محیط تالاب برای تمامی شاخصها محاسبهشده است.

شکل ۴ نقشه وکتوری استخراجشده از شاخصهای طیفی با سنجنده OLI لندست ۸ میباشد. شکل ۴-الف- شاخص NDWI و ۴-ب-شاخص MNDWI و ۴-پ-شاخص NDMI و ۴-د- شاخص AWEI را نمایش میدهند. شکل ۵ نقشه وکتوری حدود تالاب با استفاده از روش شاخصهای طیفی با به کارگیری سنجنده TM لندست ۲ میباشد که شکل 5-الف- شاخص NDWI و ۵-ب- شاخص MNDWI و ۵-پ- شاخص NDMI و ۵-د- شاخص AWEI را نشان میدهند. نتایج حاصل از محاسبه مساحت و محیط و شاخص پیشروی خط ساحلی در جدول ۴ برای سنجنده OLI لندست ۸ میرای سنجنده TM لندست ۲ می شاخ

برای مقایسه مساحت بهدست آمده از شاخصهای طیفی تصاویر لندست ۸ و ۷ با مساحت واقعی تالاب، از تصاویر با دقت مکانی بالا گوگل ارث استفاده شده است. تصاویر گوگل ارث ابتدا از طریق Image to Image ژئو رفرنس شدند و سپس محدوده تالاب بهصورت دستی رقومی شده است و مساحت و محیط برای هر دو تصویر لندست ۸ و ۷ و تصویر گوگل ارث محاسبه شده است. با توجه به شکل (۴– پ) و جدول ۴ شاخص NDMI با NDWI کیلومترمربع کمترین اختلاف با مساحت واقعی تالاب و شاخص NDWI با اختلاف ۲۰۷۵/۵ کیلومترمربع، بیشترین اختلاف با مساحت واقعی تالاب رادارند. مساحت حاصل از این شاخص NDMI به مقدار زمینی تالاب نزدیکتر است و این شاخص بهتر از سایر شاخصها، مقدار واقعی را تقریب زده است. شاخص AWEI پس از شاخص NDMI با اختلاف ۶۹۲/۹۰ کیلومترمربع مساحت تالاب را بهخوبی برآورد کرده است. شاخص MNDWI با مساحت واقعی زمین ۸۵۱/۸ کیلومترمربع تفاوت دارد.



شکل ۴: مساحت استخراج شده با استفاده از روش شاخصهای طیفی آب لندست ۸ سال ۲۰۱۸. (الف/NDWI، (ب)MDWI، (ج)MDMI، (د)AWEI

با توجه به شکل ۵- ب و جدول ۵، مساحت حاصل از شاخصهای چند باندی با مساحت واقعی تالاب در سال ۲۰۰۸ مقایسه شده و نتایج حاکی است که شاخص MNDWI با ۹۲۸ کیلومترمربع کمترین اختلاف مساحت با مساحت واقعی تالاب را دارد و سپس شاخص NDMI با اختلاف ۱۰۳۷/۳ کیلومترمربع حدود تالاب را تعیین کرده است. شاخص NDWI با اختلاف مساحت ۲۱۰۳/۴۶ کیلومترمربع و شاخص AWEI با اختلاف ۲۳۵۶/۹ کیلومترمربع، حدود تالاب را تقریب زدهاند.

با توجه به جدول ۴ بیشترین تغییرات طول خط ساحلی و مساحت در سال ۲۰۱۸ با لندست ۸ مربوط به شاخص NDWI میباشد و شاخص Ds با ۱۸۲٬۳۴ نشاندهنده این تغییر میباشد و کمترین تغییرات را شاخص AWEI با Ds= ۴۰/۹۱ رقمزده است. شاخص NDMI با Ds=۴۷/۱۸ و شاخص MNDWI با SS=۶۲/۶۲ تغییرات تالاب ازنظر طول و مساحت را بریان کردهاند. با توجه به جدول ۵ و بررسی تغییرات طول خط ساحلی و مساحت تالاب در سال ۲۰۰۸ با لندست ۲ نتایج نشان داده است که بیشترین تغییرات در طول و مساحت نسبت به مساحت واقعی تالاب را شاخص NDMI با Ds=۳۶۶/۷۷ و سپس شاخص AWEI با Ds=۱۷۲/۳۴ داشتهاند. شاخص NDWI تغییرات را با Ds=۱۴۶/۳۸ نمایش میدهد و شاخص MNDWI با Ds=۱۰۰/۶۹ کمترین تغییرات و اختلاف طول و مساحت را نسبت به طول واقعی تالاب داشته است.



شکل ۵: مساحت استخراج شده با استفاده از روش شاخصهای طیفی آب لندست ۷ سال ۲۰۰۸. (الف/NDWI،(ب)MDWI، (ج)MDMI، (د)

لندست ۸ سال ۱۸ ۲۰۱.	طيفي أب	شاخصهای	از روش	استخراج شده	حدود ا	۱: مساحت و محيط	جدول ۴
---------------------	---------	---------	--------	-------------	--------	-----------------	--------

Landsat 8 (OLI)	NDWI	MNDWI	NDMI	AWEI	EARTH
AREA (km2)	1842/60	2088/10	2200/20	2020/	841V/9.
PERIMETER (km)	2224/11	11240/00	۸۷۷۹/۸۰	۲۵۲۰/۴۰	۲۲۹۰/۴۰
Ds	۱۸۲/۳۴	87/87	۴۷/۱۸	4./11	31/88

				-	-
Landsat 7 (TM)	NDWI	MNDWI	NDMI	AWEI	EARTH
AREA (km2)	14.9/14	۲۵۸۵/۲۰	2619/90	1108/8	۳۵۱۳/۲۰
PERIMETER (km)	۱۹۴۸۳/۸۰	18168/2	\$ F \$97/	7.774/77	۵۵۷/۲۰
Ds	148/48	۱۰۰/۶۹	3787/VV	174/26	۲/۷۵

جدول ۵: مساحت و محیط حدود استخراج شده از روش شاخص های طیفی آب لندست ۷ سال ۲۰۰۸.

شکل ۶ مساحت استخراج شده تالاب از روش شاخصهای چند طیفی آب با دو سنجنده TM لندست ۷ سال ۲۰۰۸ و سنجنده OLI لندست ۸ سال ۲۰۱۸ را مقایسه می کند و شکل ۷ مقایسه شاخص پیشروی خط ساحلی (Ds) دو سنجنده TM لندست ۷ سال ۲۰۰۸ و سنجنده OLI لندست ۸ سال ۲۰۱۸ را نمایش می دهد. با توجه به شکل ۶ و ۷ مساحت زمینی تالاب در طی سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸، ۹۵/۳ کیلومترمربع کاهش داشته است و طول خط ساحلی ۷۴۱۳/۲ کیلومتر افزایش داشته است و شاخص پیشروی خط ساحلی افزایش پیداکرده است.

شاخص NDWI در طی ۲۰۰۸–۲۰۱۸ بیانگر کاهش مساحت و افزایش طول خط ساحلی میباشد و همچنین مقدار شاخص پیشروی خط ساحلی نیز افزایش داشته است. در طی ۱۰ سال مساحت محاسبه شده با شاخص MNDWI کاهش و طول خط ساحلی نیز کاهش یافته است و Ds نیز کاهش یافته است. مساحت شاخص NDMI افزایش و طول خط ساحلی کاهش یافته است و نسبت طول به مساحت ۲۰۰۸–۲۰۱۸ کاهش یافته است و شاخص AWEI در طی یک دهه با افزایش مساحت و کاهش طول خط ساحلی و کاهش شاخص پیشروی خط ساحلی روبرو



شکل ۶: مقایسه مساحت استخراجشده تالاب از روش شاخصهای چند طیفی آب با دو سنجنده TM لندست ۷ سال ۲۰۰۸ و سنجنده OLI لندست ۸ سال ۲۰۱۸.



شکل ۷: مقایسه شاخص پیشروی خط ساحلی دو سنجنده TM لندست ۷ سال ۲۰۰۸ و سنجنده OLI لندست ۸ سال ۲۰۱۸.

RMSE نیز از مقایسه دادههای مرجع (گوگل ارث) با تصاویر مشتق شده از شاخصها برای تالاب بهدست آمده است. جدول ۶ خطای کمترین مربعات برای شاخصهای طیفی آب را نمایش میدهد. با توجه به جدول ۶ خطای کمترین مربعات شاخص NDWI سنجنده OLI بالاتر از بقیه شاخصها می باشد و شاخص NDMI دارای کمترین خطای کمترین مربعات ۹۴/۵۲ می باشد. شاخص MNDWI سنجنده TM کمترین RMSE=۱۰۲/۳۴ را دارا می باشد و RMSE این شاخصهای طیفی حدود سه و نیم پیکسل می باشد.

جدول ۶: RMSE شاخصهای طیفی سنجنده OLI و سنجنده TM (سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸).

	NDWI	MNDWI	NDMI	AWEI
RMSE(m) OLI	۱۶۵/۹X	107/08	94/57	۱۰۷/۰۹
RMSE(m) TM	۱ <i>۰۶</i> /۱۸	1 • 7/84	118/88	745/04

بحث و نتیجه گیری

طبق بررسیهای انجامشده سنجنده OLI لندست ۸ با ۷۹ درصد میانگین دقت کلی بالاتری از گیرنده TM لندست ۷ با ۷۳ درصد داشته است. همچنین میانگین ضریب کاپا گیرنده OLI لندست ۸ با دقت میانگین ۸۰ درصد دقت بالاتری از ضریب کاپا گیرنده TM لندست ۷ با دقت ۷۳ درصد داشته است. بالاتر بودن دقت کلی سنسور OLI لندست ۸ نسبت به TM لندست ۷ به دلیل پیشرفتهایی است که در ساخت سنسور OLI لندست ۸ به وجود آمده است. نسبت سیگنال به نویز (Sheng *et al.*, 2016) و افزایش قدرت تفکیک رادیو متریکی از ۸ بیت به ۱۲ بیت OLI لندست ۸ به وجود آمده است. نسبت سیگنال به نویز (Sheng *et al.*, 2016) و افزایش قدرت تفکیک رادیو متریکی از ۸ بیت به ۱۲ بیت Audsat 7 از جمله پیشرفتهای گیرنده ITM از جمله پیشرفتهای گیرنده ICI لندست ۸ نسبت به TM بهبود طراحی باندهای گیرنده OLI لندست 8، باندهای طیفی OLI باریکتر هستند و دامنههای طیفی مختلفی را در مقایسه با TM TM پوشش میدهند بدین سبب لبههای باند برای جلوگیری از خصوصیات جذب جوی بهبودیافتهاند که میتواند ابهامات اضافهای را به موج بازتابی از پیکره آبی بیفزاید. TM تغییر عمده در باندهای NIR و ۱ -SWIR باندهای گیرنده OLI لندست ۸ میباشد که به طور قابل توجهی باریک تر از باندهای گیرنده TL لندست ۷ میباشند که بطور قابل توجهی باریک تر از باندهای گیرنده OLI و ۱- NIR گیرنده VIR گیرنده Landsat 7 TM رخ میدهد، جلوگیری می کند. به طور کلی، SNR در باند باریک تری کوچک تر است، اما Landsat 8 OLI با اجرای یک تصویر گر خطی pushbroom، این محدودیت را برطرف می کند که مدتزمان توقف طولانی تر و محدوده پیش تر سیگنالهای سنجیده شده را اجازه میدهد؛ بنابراین نسبت سیگنال به نویز را برطرف می کند که مدتزمان توقف طولانی تر و محدوده پیش تر سیگنالهای سنجیده شده را اجازه میدهد؛ بنابراین نسبت سیگنال به نویز Landsat 8 OLI این محدودیت دا برطرف می کند که مدتزمان توقف طولانی تر و محدوده پیش تر سیگنالهای سنجیده شده را اجازه میدهد؛ بنابراین نسبت سیگنال به نویز Landsat 8 OLI این محدود و باز بازه ی کند که مدتزمان توقف طولانی تر و محدوده پیش تر سیگنالهای سنجیده شده را اجازه میدهد؛ بنابراین نسبت سیگنال به نویز (Mishra et al., 2017) در باز جذب از میده از باندهای می کند (Mishra et al., 2016) در می کند (Shu et al., 2017) در می کنه کنو کرده از می محدود و باز تربی می موج باز تابیده از پیکره آبی جلوگیری می کند (Shu et al., 2017) در می محدود و باز تابیده از پیکره آبی جلوگیری می کند (Shu et al., 2017) در می کنه (Mishra et al., 2016) در می کند (Shu et al., 2017) در می کند (Shu et al., 2017) در ماله که کنه (Shu et al., 2017) در می کنه (Shu et al., 2017) در می کند (Shu et al., 2017) در می کند (Shu et al., 2017) در می کنه رو باز تابی در می کند (Shu et al., 2017) در می کنه را بازه می کنه (Shu et al., 2017) در می کند (Shu et al., 2017) در می کنه را باز در می کنه را بازه می کنه (Shu et al., 2017) در می کنه را بازه می کند (Shu et al., 2017) در می کنه (Shu et al.) در می کنه (Sh

در سال ۲۰۱۸ و با به کارگیری سنجنده Landsat 8 OLI و با توجه به کاهش سطح آب در طی یک دهه، شاخص NDMI که مبتنی بر باندهای NIR و ۱- SWIR میباشد، با ۳۴/۵۲ حدود تالاب را استخراج کرده است. این شاخص در مطالعات پیشین برای تشخیص اختلالات جنگل و ارزیابی شدت آتش گرفتگی جنگل (Veraverbeke *et al.*, 2010) به عنوان شاخص طیفی پوشش گیاهی بکار گرفته شده بود ولی در این مطالعه برای تعیین و استخراج حدود تالاب شادگان به عنوان شاخص طیفی آب با دقت کلی ۸۹ درصد و ضریب کاپا ۹۰ درصد نتایج خوبی داشته است.

شاخص MNDWI، سنجنده Landsat 7 TM در سال ۲۰۰۸ با ۳۲/۳۴ = RMSE حدود تالاب را بهخوبی تعیین کرده است. این شاخص نیز مبتنی بر باند ۱- SWIR می باشد و در مقایسه با NDWI برای مناطق ساخته شده کارایی بیشتری دارد و با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب (۰/۱۰ در این مطالعه) سطوح آبی را بهتر از سایر شاخصها استخراج کرده است. در بین دو سنجنده Landsat 8 OLL و Landsat 7 TM دقت کلی و ضریب کاپا گیرنده OLI بهتر از گیرنده TM می باشد و با ترکی و با در نظر گرفتن حد آستانه TM دقت کلی و ضریب کاپا گیرنده OLI بهتر از گیرنده TM می باشد و با توجه به بهبود طیفی و رادیومتریکی گیرنده OLI نسبت به گیرنده TM بخصوص در باندهای NIR و ۱–SWIR به کارگیری سنجنده OLI برای تعیین حدود پیکرههای آبی مناسب تر می باشد.

Alibakhshi et برای پیکرههای آبی مانند دریاچهها و دریاها (نواحی که فقط دارای آب میباشند) مناسب تر میباشد (NDWI که ترکیبی از باندها به منظور تعیین حدود دقیق تر پیکرههای آبی مناطق (al., 2020) و در تعیین حدود این تالاب مؤثر نبود. شاخص AWEI که ترکیبی از باندها به منظور تعیین حدود دقیق تر پیکرههای آبی مناطق (دارای سایه یا مناطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و دارای سایه یا مناطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و سنجنده ای ساطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و سنجنده ای سایه یا مناطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و سنجنده ای سایه یا مناطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و سنجنده ای سایه یا مناطق ساخته شده و دارای آلبدوی پایین میباشد، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب برای منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۱۸ و سنجنده ای می میلیه و در این میلاه میباشد و با دقت قابل قبولی حدود تالاب را مشخص کرده است. در این مطالعه به نظر میرسد که به کارگیری باندهای طیفی طیفی طیفی طیفی طیفی در ماله داشته است. در دهه اخیر و پیرو رشد روزافزون تکنولوژی تکنولوژی میوبرداری ماهواره ی محققان زیادی با استفاده از شاخصهای طیفی آشکارسازی آب در سطح تالابها و پیکرههای آبی مشابه را انجام داده دو و تایج اغلب این تحقیقات گویای کارآمدی این روشها در پایش تالابها میباشد (2022) Wang et al., 2022 Wang et al., 2014) و نسبت به میواره ی میباشد امکان پایش اطلاعات در بازههای زمانی و فصول مختلف را فراهم مینمایند (Ward et al., 2020) و نسبت به ماهواره ی میباشند امکان پایش اطلاعات در بازههای زمانی و فصول مختلف را فراهم مینمایند (2020) و میبی ما و نسبت به ماهواره ی میباشند امکان پایش اطلاعات در بازههای زمانی و فصول مختلف را فراهم مینمایند (2020) و و سرول و نوبی ما و نوبی ما و نوبی ما و نوبی ما و نوبی میباشد.

در این مطالعه، تغییرات خط ساحلی نسبت به مساحت با شاخص پیشروی خط ساحلی (Ds) در طول یک دهه (۲۰۱۸–۲۰۰۸) موردبررسی قرار گرفت. مساحت تالاب در طی یک دهه، ۹۵٫۳ کیلومترمربع کاهشیافته است و ۸۵٫۵۵ = Ds افزایشیافته است. شاخص NDMI با ۳۶/۷۷ =Ds بیشترین تغییرات در سال ۲۰۰۸ و شاخص AWEI کمترین تغییرات ۴۰/۹۱ =Dsرا در سال ۲۰۱۸ داشتهاند.

در این تحقیق بررسی تغییرات سطحی تالاب شادگان در طی یک دهه کاهش ۹۵٫۳ کیلومترمربع در سطح تالاب را نشان میدهد و با توجه به تأثیر تالاب در تعدیل اقلیمی و تنوع زیستی و خدمات توریسم و اکو توریسم بررسی روند و دلایل کاهش سطحی تالاب امری ضروری میباشد و همچنین بررسی روند تغییرات تالاب در فصول خشکسالی و همچنین بهکارگیری سنجندههای دیگر بهمنظور تعیین حدود تالاب شادگان در مطالعات آینده پیشنهاد میشود. دقت تعیین حدود پیکرههای آبی در مناطقی که دارای پیشزمینه تیره هستند (مانند آسفالت، ساختمانها، سایه و ابرو...) کاری دشوار میباشد. در چنین مناطقی که سطوح غیرآبی بازتاب پایینی دارند به کارگیری روشهای طبقهبندی ساده مناسب نمیباشد و بهطور مطلوب و دقیقی جداسازی سطوح آبی از غیرآبی صورت نمیگیرد (Verpoorter *et al.*, 2012؛ Wang *et al.*, 2022). در این تحقیق، در منطقه تالاب شادگان، در سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸، از تصاویر سنجندههای OLI لندست ۸ و TM لندست ۷ برای ارزیابی تغییرات تالاب استفادهشده است. در این راستا، از شاخصهای چند باندی NDWI,NDMI,AWEI بهره گرفته شد.

نزدیکی به خلیجفارس (جزرو مد دریا) و برخورداری از آبهای شیرین و شور و لبشور و تنوع پوشش گیاهی، اقلیم پیچیدهای برای تالاب شادگان رقمزده است و به همین ترتیب شاخصهای طیفی آب و باندهای بکار گرفتهشده هم متفاوت میباشد.

منابع

Alibakhshi T., Azizi Z., Vafaeinezhad A. and Aghamohammadi H., 2020. Survey of Area Changes in Water Basins of Shahid Abbaspour Dam Caused by 2019 Floods Using Google Earth Engine. Iranian Journal of Ecohydrology, 7(2): 345-357. (In Persian).

Anderson, M. C., Allen, R. G., Morse, A. and Kustas, W. P., 2012. Use of Landsat thermal imagery in monitoring. Evapotranspiration and managing water resources. Remote Sensing of Environment, 122: 50–65.

Bretreger, D., Li, W., Yeo, I. Y., Kuczera, G. and Hancock, G., 2021. Remote sensing's role in improving transboundary water regulation and compliance: The Murray-Darling Basin. Journal of Hydrology, 13:1–10.

Du, Z., Li, W., Zhou, D., Tian, L., Ling, F., Wang, H., Gui, Y. and Sun, B., 2014. Analysis of Landsat-8 OLI imagery for land surface water mapping. Remote Sensing Letters, 5: 672–681.

El-Asmar, H. M., Hereher, M. E. and El Kafrawy, S. B., 2013. Surface area change detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile Delta, Egypt, using water indices: a remote sensing approach. Egyptian Journal of RemoteSensing and Space Science. 2013, 16, 119e123. http:// dx.doi.org/10.1016/j.ejrs. 04.004.

Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R. and Proud, S. R., 2014. Automated Water Extraction Index: a new technique for surface water map-ping using Landsat imagery, Remote Sensing of Environment. 140:23–35

Gish kuma, H., Feyessa, F. F. and Demissie, T. A., 2022. Land-use/land-cover changes and implications in Southern Ethiopia: evidence from remote sensing and informants. Heliyon. 8:3.

Hou, Y., Zhao, G., Chen, X. and Yu, X., 2022. Improving Satellite Retrieval of Coastal Aquaculture Pond by Adding Water Quality Parameters. Remote Sensing, 14: 3306. https://doi.org/10.3390/rs14143306

Huang, C., Chen, Y. and Wu, J., 2014. Mapping spatio-temporal flood inundation dynamics at large river basin scale using time-series flow data and MODIS imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 26: 350–362.

Ji, L., Zhang, L. and Wylie, B., 2009. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 75: 1307–1317.

Jin, S. and Sader, S., 2005. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. Remote Sensing of Environment, 94: 364–372.

Ji, L., Geng, X., Sun, K., Zhao, Y. and Gong, P., 2015. Target Detection Method for Water Mapping Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery. Water 7: 794–817.

Ji, Z., Zhu, Y., Pan, Y., Zhu, X. and Zheng, X., 2022. Large-Scale Extraction and Mapping of Small Surface Water Bodies Based on Very High-Spatial-Resolution Satellite Images: A Case Study in Beijing, China. Water, 14: 2889. https://doi.org/10.3390/w14182889

Lu, S., Wu, B., Yan, N. and Wang, H., 2011. Water body mapping method withHJ-1A/B satellite imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.13: 428–434.

Li, M., Wu, P., Wang, B., Hui Yang, H. P. and Wu, Y., 2021. A Deep Learning Method of Water Body Extraction from High Resolution Remote Sensing Images with Multisensors. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 14: 3120-3132.

McFeeters, S.K., 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International J ournal of RemoteSensing, 17: 1425–1432.

Moussaid, J., Ait For, A., Zourarah, B., Maanan, M. and Maanan, M., 2015. Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. Ocean Engineering, 102:71–77.

Mishra, N., Helder, D., Barsi, J. and Markham, B., 2016. Continuous calibration improvement in solar reflective bands: Landsat 5 through Landsat 8. Remote Sensing of Environment, 185: 7–15.

Ozturk, D. and Sesli, F. A., 2015. Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series. Ocean and Coastal Management, xxx. pp.1-19.

Osgood, R., 2005. Shoreline Density. Lake and Reservoir Management. 21 (1): 125-126.

Palmer, S. C. J., Kutser, T. and Hunter, P. D., 2015. Remote sensing of inland waters: Challenges, progress and future directions. Remote Sensing of Environment. 157: 1–8.

Roy, D. P., Kovalskyy, V., Zhang, H. K., Vermote, E. F., Yan, L., Kumar, S. S. and Egorov, A., 2016. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. Remote Sensing of Environment. 185: 57–70.

Sharma, R., Tateishi, R., Hara, K. and Nguyen, L., 2015. Developing Superfine Water Index (SWI) for Global Water Cover Mapping Using MODIS Data. Remote Sensing, 7: 13807–13841.

Sarp, G. and Ozcelik, M., 2017. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. Journal of Taibah University for Science, 11: 381–391.

Serban, C., Maftei, C. and Dobrica, G., 2022. Surface Water Change Detection via Water Indices and Predictive Modeling Using Remote Sensing Imagery: A Case Study of Nuntasi-Tuzla Lake, Romania. Water, 14(4):556.

Sheng, Y., Song, C., Wang, J., Lyons, E. A., Knox, B. R., Cox, J. S. and Gao, F., 2016. Representative lake water extent mapping at continental scales using multi-temporal Landsat-8 imagery. Remote Sensing of Environment. 185.

Song, S., Cao, Zh., Wu, Zh. and Chuai, X. I., 2022, Spatial and Temporal Dynamics of Surface Water in China from the 1980s to 2015 Based on Remote Sensing Monitoring. Chinese Geographical Science, 32:174–188.

Tao, S., Fang, J., Zhao, X., Zhao, S., Shen, H., Hu, H., Tang, Z., Wang, Z. and Guo, Q., 2015. Rapid loss of lakes on the Mongolian Plateau. PNAS, 112: 2281–2286.

Terekhov, A., Makarenko, N., Pak, A. and Abayev, N., 2020. Using the digital elevation model (DEM) and coastlines for satellite monitoring of small reservoir filling, Cogent Engineering, https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1853305

Torres-Rua, A., Ticlavilca, A., Bachour, R. and McKee, M., 2016. Estimation of Surface Soil Moisture in Irrigated Lands by Assimilation of Landsat Vegetation Indices, Surface Energy Balance Products, and Relevance Vector Machines. Water, 8:167.

Tulbure, M. G., Broich, M., Stehman, S. V. and Kommareddy, A., 2016. Surface water extent dynamics from three decades of seasonally continuous Landsat time series at subcontinental scale in a semi-arid region. Remote Sensing of Environment. 178: 142–157.

Verpoorter, C., Kutser, T. and Tranvik, L., 2012. Automated mapping of waterbodies using Landsat multispectral data. Limnology and Oceanography-Methods 10:1037–1050.

Veraverbeke, S., Verstraeten, W., Lhermitte, S. and Goossens, R., 2010. Evaluating Landsat Thematic Mapper spectral indices for estimating burn severity of the 2007 Peloponnese wildfires in Greece. International Journal of Wildland Fire, 19(5): 558-569.

Wang, L., Li, Y., Zhang, D. and Liu, Z., 2022. Extraction of Aquaculture Pond Region in Coastal Waters of Southeast China Based on Spectral Features and Spatial Convolution. Water, 14: 2089. https://doi.org/10.3390/w14132089

Wang, Z., Zhang, M., Li, H., Li, Z., Zhu, V., Liu, X. and Tian, K., 2022. Monitoring the Wetland of the Yellow River Delta by Combining GF-3 Polarimetric Synthetic Aperture Radar and Sentinel-2A Multispectral Data. Environmental Informatics and Remote Sensing, https://doi.org/10.3389/fevo.2022.806978

Wulder, M. A., White, J. C., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Belward, A. S., Cohen, W. B., Fosnight, E. A., Shaw, J., Masek, J. G. and Roy, D. P., 2016. The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction. Remote Sensing of Environment. 185: 271–283.

Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 27: 3025–3033.

Yang, Y., Liu, Y., Zhou, M., Zhang, S., Zhan, W., Sun, C. and Duan, Y., 2015. Landsat 8 OLI image based Terrestrial water extraction from heterogeneous backgrounds using a reflectance homogenization approach. Remote Sensing of Environment. 171: 14–32.

Zhou, Y., Dong, J., Xiao, X., Xiao, T., Yang, ZH., Zhao, G. U., Zou, Z. H. and Qin, Y. U., 2017. Open Surface Water Mapping Algorithms: A Comparison of Water-Related Spectral Indices and Sensors. Water, 9: 256.