پایش تغییرات مکانی–زمانی تالاب کیاکلایه لنگرود با هدف بررسی روند تخریب آن در طی ۲۴ سال اخیر با تصاویر سنجش از دور

صغرا پور رمضان گابیه[۱]
میلاد جانعلی پور[۲*]
مریم نیک‌فر[۳]
نادیا عباس زاده طهرانی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، واحد رامسر، دانشگاه آزاد اسلامی، رامسر، ایران
۲. استادیار، پژوهشگاه هوافضا وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه نقشه‌برداری، واحد رامسر، دانشگاه آزاد اسلامی، رامسر، ایران
۴. استادیار، پژوهشگاه هوافضا وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
milad_janalipour@ari.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۳۰۷۹۸
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳
این مقاله پژوهشی برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

باوجود رشد و آگاهی جوامع انسانی نسبت به اهمیت اکوسیستم‌های طبیعی به‌ویژه تالاب‌ها، هنوز درک صحیح و فراگیر از اهمیت، کارکرد و ضرورت حفظ این زیستگاه‌های حیاتی و ارزشمند وجود ندارد. حفاظت از تالاب‌ها مستلزم داشتن آگاهی کامل از وضعیت تالاب و تغییرات ایجادشده در کاربری‌های مجاور آن در طول زمان است. یکی از تالاب‌هایی که در سال‌های اخیر در کشور مورد تخریب و بی‌توجهی قرارگرفته است تالاب کیاکلایه در شهرستان لنگرود استان گیلان است. در تحقیق حاضر که در سال ۱۳۹۸ انجام شد، جهت بررسی تغییرات زمانی- مکانی محدوده اثر تالاب مذکور، از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ استفاده شدند. شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص آب و شاخص مناطق مسکونی روی تصاویر اعمال شدند و نقشه‌های محدوده شهری و محدوده تالاب با تصاویر به‌دست‌آمده از شاخص‌ها به‌منظور تحلیل نتایج هم‌پوشانی داده شدند. نتایج تحقیق نشان داد که در محدوده موردمطالعه، پوشش گیاهی و سطح آب در طی ۲۴ سال اخیر کاهش و مناطق مسکونی افزایش چشمگیر داشته‌اند که این موضوع سبب افزایش احتمال بروز مخاطرات محیطی برای ساکنین و همچنین از بین رفتن سلامت اکوسیستم غنی تالاب شده است. شاخص سلامت اکوسیستم نشان می‌دهد مناطق اطراف مسکن مهر لنگرود، سادات‌محله، خالکیاسر و قاضی محله بیشترین آسیب را دیده‌اند.

واژگان کلیدی: سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات مکانی، تالاب کیاکلایه، تغییرات مکانی–زمانی.

مقدمه

تالاب‌ها یکی از غنی‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی هستند که بر اساس کنوانسیون رامسر (۱۳۵۵) تعریف‌شده‌اند (سلیمی ترکمانی ۱۳۹۰). تالاب‌ها مجموعه وسیعی از محصولات و خدمات اکوسیستمی نظیر آبیاری، استخر ماهی‌های شیرین، تفریح و تفرج گردشگرها، کنترل سیل و کاهش آلودگی را فراهم می‌کنند (جهانی شکیب و همکاران ۲۰۱۵). بررسی تغییرات تالاب‌ها یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی است (Pourkhabbaz *et al.*, 2015). مهم‌ترین تهدیدات تالاب‌ها در حال حاضر عبارت‌اند از: ۱) کاهش سطح آب تالاب‌ها ۲) توسعه زیرساخت‌ها بدون در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی تالاب‌ها ۳) تغییر کاربری اراضی تالابی برای امور کشاورزی و شهرسازی، و ۴) شکار و صید غیرمجاز و بی‌رویه و برداشت علوفه و سایر محصولات تالابی، بیش‌ازحد توان تجدید پذیری تالاب و ورود آلاینده‌های مختلف به تالاب‌ها.

آسیب رساندن به تالاب‌ها تبعات و هزینه‌های بسیاری برای هر کشور در پی خواهد داشت. ازاین‌رو مدیریت و پایش تالاب‌ها یکی از نیازهای اصلی و اساسی هر کشور است (جعفری و همکاران ۱۳۸۶). شناسایی مناطق آسیب‌دیده و برنامه‌ریزی جهت بهبود وضع مناطق آسیب‌دیده یکی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

از راهکارهای موجود جهت حفاظت از تالاب‌ها است (زبردست و جعفری ۱۳۹۰). به‌منظور حفاظت معقول و خردمندانه از تالاب‌ها و همچنین شناخت تغییرات در ویژگی‌های آن‌ها که می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی باشد، می‌توان از فنون سنجش‌ازدور و تجزیه‌وتحلیل تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد، داده‌های سنجش‌ازدور، به دلیل قابل تکرار بودن و دید وسیع و یکپارچه، می‌توانند نقش اساسی در بررسی تغییرات و مدیریت تطبیقی تالاب‌ها داشته باشند. تغییرات کمی و کیفی ناشی از فرآیندهای نامطلوب انسانی و طبیعی در دهه‌های اخیر، اثرات منفی بسیاری بر ساختار و کارکرد این مجموعه‌ی باارزش گذاشته است و نقش تالاب‌ها را از تثبیت ریزگردها و پالایش محیطی، به خاستگاه و کانون گردوغبار منطقه‌ای تغییر داده است (حلبیان و شبانکاری ۲۰۱۷).

به‌منظور پایش اکوسیستم‌های تالابی تاکنون تحقیقات بسیاری ارائه‌شده است (Sharitz 1986؛ Rebelo *et al.*, 2009؛ Ozesmi and Bauer 2002). در برخی از تحقیقات انجام‌شده، محققین از روش‌های طبقه‌بندی و شناسایی تغییرات به‌صورت غیرمستقیم به بررسی وضعیت تالاب‌ها در یک بازه زمانی پرداخته‌اند (Rugege 2010؛ Adam *et al.*, 2010؛ Rebelo *et al.*, 2009؛ Song *et al.*, 2010). استفاده از روش‌های طبقه‌بندی و یا شناسایی تغییرات نظارت‌شده به دلیل نیاز به نمونه‌های تعلیمی از منطقه موردمطالعه پرهزینه و زمان‌بر هستند. از طرف دیگر شناسایی تغییرات به‌تنهایی نشان‌دهنده سلامت و یا عدم سلامت یک اکوسیستم نیست و نیاز به تحلیل‌های ثانویه احساس می‌شود. علاوه بر این، برخی از تحقیقات از تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین کیفیت آب پهنه‌های آبی نظیر تالاب‌های استفاده کرده‌اند (Ritchie *et al.*, 2003). برخی دیگر از تحقیقات به بررسی سلامت اکوسیستم به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم پرداخته‌اند که در این پژوهش به آن‌ها اشاره خواهد شد.

در سال ۲۰۱۹، Shen و همکاران با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تخریب تالاب Zoige Plateau در چین را موردبررسی قراردادند. به‌منظور بررسی مناطق آسیب‌دیده از نتایج تغییرات و پوشش گیاهی تصاویر ماهواره‌ای به همراه چند معیار دیگر درروش تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهند که تغییرات در بازه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی بیشتر از دهه ۱۹۹۰ بوده است (Shen *et al.*, 2019). عباس زاده تهرانی در سال ۱۳۹۴ شمسی نشان داد که استفاده از شاخص‌های گیاهی با تواتر زمانی مناسب می‌تواند در پایش سلامت اکوسیستم‌ها مفید واقع شود (عباس زاده تهرانی، ۱۳۹۴). رحیمی بلوچی و همکاران در سال ۱۳۹۱ شمسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تغییرات پوششی و سلامت تالاب بین‌المللی شادگان را در دو دهه گذشته موردبررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهند فشار زیادی به اکوسیستم تالاب وارده شده است و با ادامه این روند موجودیت و یکپارچگی تالاب آسیب جدی خواهد دید (رحیمی بلوچی و همکاران، ۱۳۹۱). زبردست و جعفری در سال ۱۳۹۰ شمسی با استفاده از تصاویر لندست سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ تغییرات رخداده در پهنه تالاب انزلی را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهند که در این بازه ۱۰ ساله تالاب دچار تخریب‌شده است و پدیده تغذیه گرایی در پهنه آبی تالاب مشاهده می‌شود (زبردست و جعفری ۱۳۹۰). همان‌طور که در پیشینه تحقیق مشاهده می‌شود عمده مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ تالاب‌ها مربوط به شناسایی تغییرات کاربری و پوششی رخداده در آن است و تعداد محدودی از مطالعات به‌صورت غیرمستقیم از تغییرات کاربری/پوششی تالاب به بررسی سلامت اکوسیستم پرداخته‌اند که نیاز است در تحقیقات آتی به‌صورت مستقیم به این موضوع پرداخته شود. علاوه براین در عمده تحقیقات انجام‌شده از شاخص‌های پوشش گیاهی جهت پایش سلامت اکوسیستم استفاده‌شده است. این در حالی است که به نظر می‌توان از سایر شخص‌های نظیر مناطق مسکونی و آب در تالاب‌های شهری جهت بهبود نتایج نیز استفاده شود. در سال ۲۰۲۰، Ekumah و همکاران سلامت اکوسیستم تالاب‌های ساحلی غنا را با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بررسی کردند. شاخص‌های پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر و تغییر کاربری در این تحقیق موردتوجه قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهند که وضعیت سلامت در بازه زمانی موردمطالعه رو به وخامت رفته است (Ekumah *et al.*, 2020). در سال ۲۰۱۹، Chen و همکاران با استفاده از ۱۳ شاخص مربوط به آب، خاک، بیولوژی و سیمای سرزمین سلامت اکوسیستم تالاب‌ها در بجینگ، تیانجین و هبی را بررسی نمودند. شاخص‌های مورداستفاده از سنجش‌ازدور و مشاهدات میدانی استخراج شدند. نتایج نشان می‌دهد وضعیت ۱۹ تالاب در منطقه مناسب نیست (Chen *et al.*, 2019). در

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

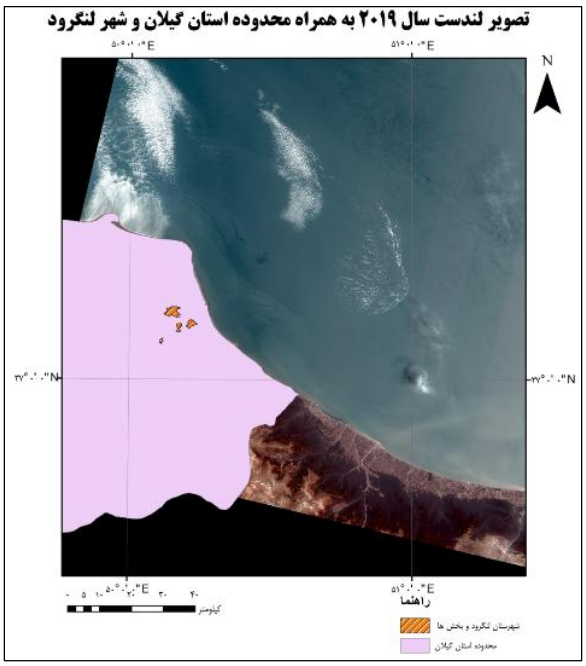
سال ۲۰۲۰، Wu و Chen وضعیت سلامت اکوسیستم تالاب Hangze در چین را با استفاده از ۱۲ شاخص سنجش‌ازدور و روش AHP بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهند مناطق اطراف تالاب دچار آسیب‌دیدگی شدید شده‌اند درحالی‌که مناطق درونی تالاب سالم هستند (Wu and Chen, 2020). در سال ۲۰۱۹، Orimoloye و همکاران تغییرات سلامت اکوسیستم تالاب Isimangaliso در آفریقا جنوبی را با شاخص‌های پوشش گیاهی و منطقه مسکونی به‌دست‌آمده از تصاویر لندست بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهند که تغییرات شدیدی در شاخص‌های ذکرشده در منطقه موردمطالعه به وقوع پیوسته است (Orimoloye *et al.*, 2020).

در این تحقیق برای اولین بار به دنبال شناسایی و پایش تغییرات مکانی-زمانی تالاب کیاکلایه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی خواهیم بود که در آن از شاخص‌های طیفی استفاده خواهد شد. تالاب کیاکلایه با توجه به این‌که یک منبع آب شهری محسوب می‌شود که در مجاورت شهرستان لنگرود است، اهمیت بالایی دارد. تاکنون در تحقیقی تغییرات و تخریب این اکوسیستم ارزشمند با سنجش‌ازدور انجام‌نشده است. از طرف دیگر نوع روش پردازش داده‌های سنجش‌ازدور با تلفیق لایه‌های برداری موجود به همراه تحلیل‌های مکانی و شاخص سلامت اکوسیستم جدید و بدیع است که تاکنون بر اساس دانش نویسندگان مورداستفاده قرار نگرفته است.

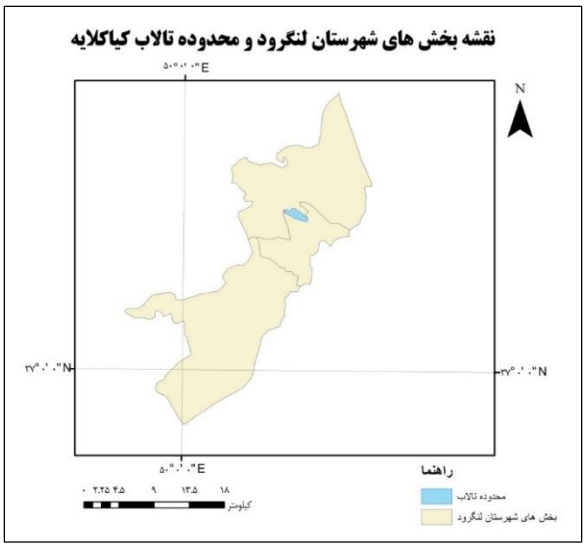
مواد و روش‌ها

شهرستان لنگرود با وسعتی حدود ۴۸۰ کیلومترمربع در ناحیه شرق گیلان قرارگرفته است و فاصله آن با مرکز استان ۶۰ کیلومتر است. لنگرود در طول ۵۰ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه و عرض ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه جغرافیایی، در ارتفاع ۲۱ متر از سطح دریای خزر قرار دارد. این شهرستان بر روی جلگه‌ای سرسبز و در فاصله ۱۰ کیلومتر با دریای خزر قرار دارد و در قسمت‌های جنوبی آن کوهپایه‌های جنوبی آن جنگلی دیده می‌شود. در جنوب شهر لنگرود و داخل محدوده حریم شهری تالاب طبیعی و زیبای کیاکلایه قرار دارد. تالاب کیاکلایه در طول جغرافیایی (۵۰ درجه و ۹ دقیقه و ۱۴ ثانیه) و عرض جغرافیایی (۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه و ۴۴ ثانیه) واقع‌شده است. این تالاب ازجمله آب‌بندان‌های شهرستان لنگرود و یکی از غنی‌ترین تالاب‌های گیلان ازلحاظ تنوع گونه‌های حیاتی است. این تالاب بزرگ زمانی محل زمستان گذرانی پرندگان مهاجر بود که گونه‌هایی چون حواصیل، چنگر، مرغابی، غاز، قو، لک‌لک، سلیم، انواع کاکائی، آبچلیک پا سرخ و تلیله شکم سیاه و غیره در این تالاب وجود داشت و همچنین شامل انواع پوشش گیاهی چون توسکا، نیزار، نیلوفر آبی، سمبل دریایی و گیاهان زیرآب بوده است که در حال حاضر برخی از گونه‌های نامبرده وجود دارند. شکل ۱ و شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقه و همچنین تالاب کیاکلایه را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان گیلان و شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی شهرستان لنگرود و محدوده تالاب کیاکلایه (سال ۱۳۹۸).

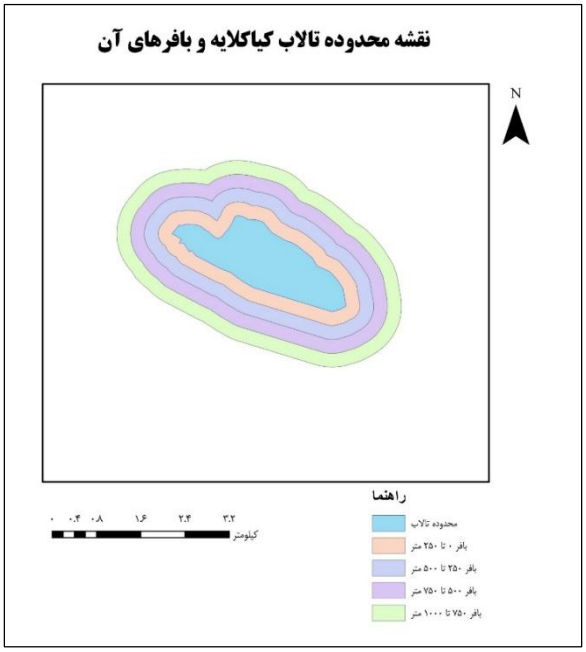
در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست برای استخراج شاخص‌های پوشش گیاهی، آب و مناطق مسکونی استفاده شد. تصاویر از پایگاه www.earthexplorer.usgs تهیه شدند. با توجه به این‌که عمده تغییرات شهرستان لنگرود از سال ۲۰۰۰ آغاز شد یک تصویر از سال ۱۹۹۵ (قبل از تغییرات) و سه تصویر با بازه زمانی تقریباً شش سال یعنی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ از منطقه اخذ شدند. علت تواتر زمانی انتخاب‌شده این است که باید تغییرات به‌اندازه‌ای باشند که در تصویر لندست قابل‌شناسایی باشند. فهرست تصاویر مورداستفاده در جدول ۱ نشان داده شد. برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزار OTB Orfeo استفاده شد که در پردازش تصاویر ماهواره‌ای قوی و استفاده از آن رایگان است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

جدول ۱: تصاویر ماهواره‌ای اخذشده از شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).

نام تصویر	تاریخ تصویربرداری
LT51660341995176RSA00	۲۵-۰۶-۱۹۹۵
LT51650342007170MOR00	۱۹-۰۶-۲۰۰۷
LC81650342013170LGN01	۱۹-۰۶-۲۰۱۳
LC81650342019155LGN00	۰۴-۰۶-۲۰۱۹

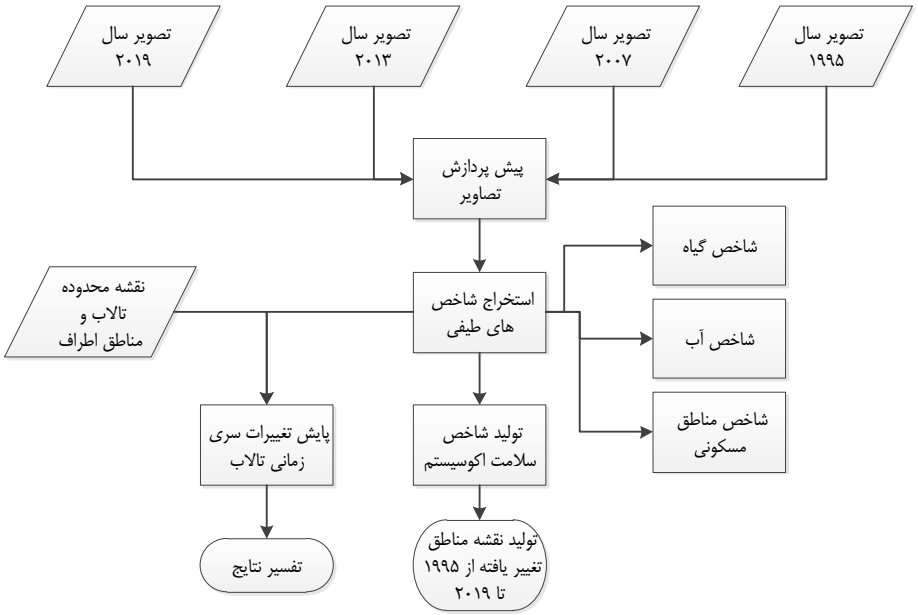
نقشه‌های مورداستفاده در این تحقیق شامل محدوده تالاب و کاداستر شهری از شهرداری، اداره ثبت‌اسناد و املاک، اداره محیط‌زیست و اداره جهاد کشاورزی تهیه شدند. نقشه‌های تهیه شده از فرمت CAD به فرمت Shp تبدیل شدند. در شکل ۱ نمونه‌ای از تصویر ماهواره‌ای شهرستان لنگرود و موقعیت تالاب کیاکلایه در شهرستان بر روی تصویر نشان داده شد. بررسی تغییرات در محدوده تالاب کیاکلایه و اطراف تالاب با اعمال بافرهای ۲۵۰ متر انجام شد. به همین منظور نقشه شیپ فایل محدوده تالاب و بافرهای آن در نرم‌افزار ArcGIS10.4 به دست آمد. نقشه محدوده تالاب کیاکلایه و بافرها در شکل ۴ نمایش داده شد.



شکل ۳: محدوده تالاب و بافرها اطراف تالاب کیاکلایه لنگرود (سال ۱۳۹۸).

روش تحقیق بر اساس مدل مفهومی شکل ۴ انجام‌شده است. ابتدا تصاویر مورداستفاده پیش‌پردازش می‌شوند. سپس شاخص‌های طیفی گیاه، مناطق مسکونی و آب با توجه به طبیعت منطقه موردمطالعه و کلاس‌های کاربری و پوششی استخراج شدند. پس‌ازآن پایش محدوده تالاب با استفاده از شاخص‌های استخراج‌شده و نقشه محدوده تالاب انجام می‌شود. نهایتاً نقشه تغییرات با استفاده شاخص سلامت اکوسیستم محاسبه خواهد شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]



شکل ٤: مدل مفهومی مراحل تحقیق برای شناسایی تغییرات و آسیب مناطق اطراف تالاب کیاکلایه لنگرود (سال ۱۳۹۸).

مرحله کالیبراسیون طیفی شامل تبدیل درجات خاکستری به رادیانس است که درواقع کالیبراسیون داخلی سنجنده است. در این مرحله مقادیر رقومی ثبت‌شده توسط سنجنده به انرژی (ولتاژ) ثبت‌شده توسط آن تبدیل می‌شود. با استفاده از رابطه ۱ و اطلاعات موجود در فراداده که به همراه دانلود تصاویر قابل دریافت است، تصاویر خام به تصاویر رادیانس تبدیل گردید (سبزی پرور، ۱۳۹۴).

رابطه ۱: $$L_\lambda = gain \times QCAL + offset$$

در رابطه ۱، L_λ : رادیانس QCAL درجه خاکستری در پیکسل موردنظر و gain و offset: ضرایب کالیبراسیون سنجنده هستند.

در این پژوهش به‌منظور شناسایی عوارض موجود و آشکارسازی تغییرات مکانی تالاب، از شاخص‌هایی چون شاخص پوشش گیاهی، شاخص مناطق ساخته‌شده و مسکونی و شاخص آب استفاده می‌شود؛ زیرا پوشش غالب اطراف تالاب درختان، آب و مناطق مسکونی هستند.

شاخص‌های گیاهی در مطالعات بسیاری جهت پایش میزان فضای سبز و کلروفیل مورداستفاده قرارگرفته‌اند. به دلیل نقاط ضعف طبیعی شاخص‌های پوشش گیاهی، تعداد زیادی شاخص پوشش گیاهی ارائه‌شده‌اند که نقاط ضعف و قوت خود رادارند. به دلیل بررسی دقت نتایج شاخص‌های گیاهی در این تحقیق از چند شاخص پوشش گیاهی استفاده شد. شاخص‌های پوشش گیاهی مورداستفاده در این تحقیق در جدول ۲ نمایش داده شد.

جدول ۲: رابطه شاخص‌های پوشش گیاهی مورداستفاده در تالاب کیاکلایه لنگرود (سال ۱۳۹۸).

شاخص	رابطه‌ی شاخص	منبع
Normalized difference vegetation index (NDVI)	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(فاطمی و صدقی ۱۳۹۵)
Transformed normalized difference vegetation index (TNDVI)	$\sqrt{\left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red}\right) + 0.5}$	(Tucker, 1979)

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

شاخص	رابطه‌ی شاخص	منبع
Ratio vegetation index (RVI)	$\frac{NIR}{Red}$	(فاطمی و صدقی ۱۳۹۵)
Transformed soil adjusted vegetation index (TSAVI)	$\frac{\gamma(NIR-\gamma Red-i)}{\gamma NIR+Red-\gamma i+X(1+\gamma^2)}$	(Qi *et al.*, 1994)
Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI)	$\frac{NIR-Red}{NIR+Red+L}(1+L)$	(Qi *et al.*, 1994)
Modified soil adjusted vegetation index 2 (MSAVI 2)	$\frac{2NIR+1-\sqrt{(2NIR+1)^2-8(NIR-Red)}}{2}$	(Qi *et al.*, 1994)
Soil adjusted vegetation index (SAVI)	$(NIR-Red)(1+L)/(NIR+Red+L)$	(فاطمی و صدقی، ۱۳۹۵)
Global environment monitoring index (GEMI)	$\mu\times(1-0.25\times\mu)-(Red-0.125)/(1-Red)$ $\mu=\frac{(NIR^2-Red^2)+1.5NIR+0.5Red}{NIR+Red+0.5}$	(Myneni *et al.*, 1995)
Infrared percentage vegetation index (IPVI)	$NIR/(Red+NIR)$	(Crippen 1990; Barati *et al.*, 2011)

NIR باند مادون‌قرمز نزدیک از سنجنده/ Red باند قرمز از سنجنده/ L یک عامل تنظیم‌کننده خاک/γ شیب خط خاک می‌باشند.

با توجه به نیاز این تحقیق به مواردی چون ارزیابی خشک‌سالی و تفکیک پیکسل‌های خالص آب، بررسی آب عمیق، جداسازی پوشش گیاهی زمینی از گیاهان آبزی و غیره از شاخص‌های آبی که بهترین نتیجه مربوطه را نمایش می‌دادند، استفاده شد (Babaei *et al.*, 2019). شاخص‌های آب مورداستفاده در این تحقیق در جدول ۳ نمایش داده شدند.

جدول ۳: رابطه شاخص‌های آب مورداستفاده در تالاب کیاکلایه لنگرود (سال ۱۳۹۸).

شاخص	رابطه شاخص	منبع
Normalized difference water index (NDWI)	$\frac{NIR-MIR}{NIR+MIR}$	(Gao, 1996)
Normalized difference water index 2 (NDWI 2)	$\frac{Green-NIR}{Green+NIR}$	(McFeeters, 1996)
Modified normalized difference water index (MNDWI)	$\frac{Green-MIR}{Green+MIR}$	(Han-Qiu, 2005)
Normalized difference pond index (NDPI)	$\frac{MIR-GREEN}{MIR-GREEN}$	(Lacaux *et al.*, 2007)
Normalized difference turbidity index (NDTI)	$\frac{RED-GREEN}{RED+GREEN}$	(Gardelle *et al.*, 2010)

GREEN باند سبز از سنجنده/ MIR: باند مادون‌قرمز میانی از سنجنده/ RED: باند قرمز از سنجنده هستند.

به‌منظور شناسایی مناطق مسکونی و غیرمسکونی و زمین‌های بایر نیاز به شاخص‌هایی است که جواب‌گوی این نیاز باشد. طبق بررسی‌های انجام‌شده بهترین شاخص‌های موردنیاز انتخاب شد. شاخص‌های مناطق مسکونی (شامل روستایی و شهری) مورداستفاده در این تحقیق در جدول ۴ نمایش داده شدند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

جدول ٤: رابطه شاخص‌های مناطق مسکونی مورداستفاده در تالاب کیاکلایه لنگرود (سال ۱۳۹۸).

شاخص	رابطه شاخص	منبع
Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)	$\frac{Band5 - Band4}{10\sqrt{Band5 + Band6}}$	(As-syakur *et al.*, 2012)
Normalised Difference Built-Up Index (NDBaI)	$\frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4}$	(As-syakur *et al.*, 2012)
Normalised Difference Bareness Index (NDBI)	$\frac{Band5 - Band6}{Band5 + Band6}$	(As-syakur *et al.*, 2012)
Urban Index (UI)	$\frac{Band\ 7 - Band4}{Band\ 7 + Band4}$	(As-syakur *et al.*, 2012)

۱) در رابطه EBBI باندهای ۴ و ۵ و ۶ به ترتیب با طول‌موج‌های ۰/۸۳ میکرومتر و ۱/۶۵ میکرومتر و ۱۱/۴۵ میکرومتر جاگذاری می‌شوند.

۲) در رابطه NDBI باندهای ۵ و ۶ به ترتیب با طول‌موج‌های (۱/۵۵-- ۱/۷۵) میکرومتر و (۱۰/۴-- ۱۲/۵) میکرومتر جاگذاری می‌شوند.

۳) در رابطه NDBaI باندهای ۴ و ۵ به ترتیب با طول‌موج‌های (۰/۷۸--۰/۹۰) میکرومتر و (۱/۵۵—۱/۷۵) میکرومتر جاگذاری می‌شوند.

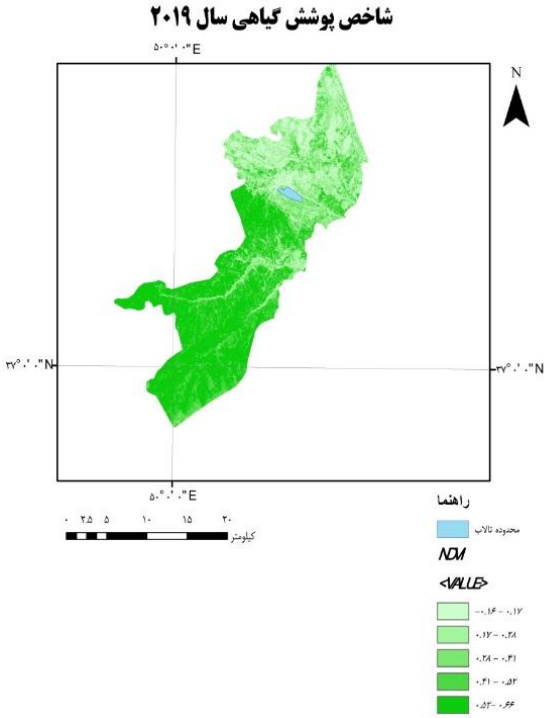
۴) در رابطه UI باندهای ۷ و ۴ به ترتیب با طول‌موج‌های (۰/۷۸--۰/۹۰) میکرومتر و (۲/۰۹-- ۲/۳۵) میکرومتر جاگذاری می‌شوند.

پس از محاسبه شاخص‌ها، برای ارزیابی میزان تغییرات و سلامت اکوسیستم از یک شاخص جدید استفاده می‌شود. به‌منظور شناسایی مناطق به‌شدت آسیب‌دیده ازنظر زیست‌محیطی در محدوده تالاب کیاکلایه از شاخص $\frac{NDVI+1}{NDBI+1}$ استفاده می‌شود (Tehrani and Makhdoum, 2013; Jafari *et al.*, 2018). این شاخص از نسبت شاخص پوشش گیاهی و مناطق مسکونی استخراج می‌شود.

نتایج

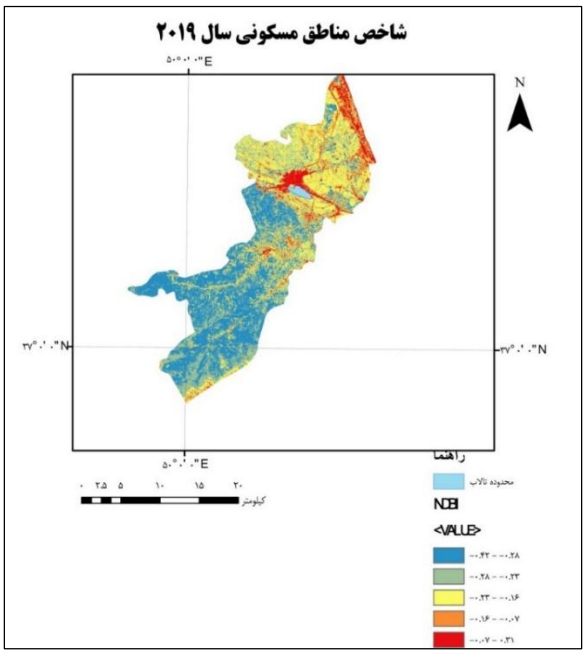
پس اجرای روش پیشنهادی، شاخص‌های مختلف در منطقه موردمطالعه استخراج شدند. شکل ۵ برخی شاخص‌ها در سال‌های مختلف که از منطقه موردمطالعه استخراج‌شده‌اند را به‌صورت بصری نمایش می‌دهد. بر اساس نتایج شاخص پوشش گیاهی که از NDVI تهیه‌شده است، مناطق جنوبی شهرستان لنگرود که پوشیده از جنگل است و همچنین مناطق اطراف شهرستان که مزارع برنج است، دارای سبزینگی بالا هستند. این موضوع نشان می‌دهد که شاخص NDVI به‌خوبی توانسته است پوشش گیاهی را شناسایی کند (شکل ۵). همچنین شاخص پوشش مسکونی، مناطق ساخته‌شده شهرستان لنگرود، روستاها و دهستان‌های اطراف آن را به‌خوبی شناسایی کرده است که در شکل ۶ به رنگ قرمز نمایش داده می‌شود. همچنین تغییرات شاخص پوشش آب از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ تغییرات زیادی داشته است (شکل ۷). در بدنه تالاب کیاکلایه تغییرات به شکلی است که مشخص می‌کند سطح آب تالاب کاهش‌یافته است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: شاخص گیاه استخراج‌شده از شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).

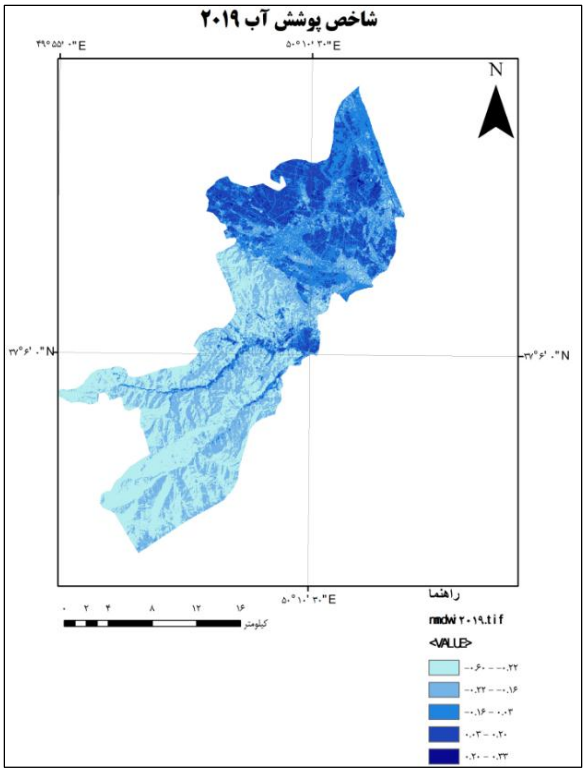
شاخص پوشش گیاهی از NDVI استخراج‌شده است.



شکل ٦: شاخص مناطق مسکونی استخراج‌شده از شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

شاخص پوشش مسکونی از NDBI استخراج‌شده است.



شکل ۷: شاخص پوشش آب استخراج‌شده از شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).

شاخص پوشش آب از MNDWI استخراج‌شده است.

مقادیر شاخص‌های استخراج‌شده در این پژوهش در جدول ۵ نمایش داده‌شده‌اند (مقادیر تمامی شاخص‌ها در تمامی سال‌ها به پیوست مقاله در دسترس خواهد بود). بر اساس جدول ۵، مقدار میانگین شاخص‌های گیاهی در محدوده تالاب بیشتر از سایر مناطق اطراف آن (بافرهای مختلف) بوده است. به‌عنوان‌مثال مقدار شاخص NDVI در محدوده تالاب ۰/۵۳ بوده است درحالی‌که بیشترین مقدار آن در محدوده ۱۲۵۰–۱۵۰۰ متر برابر ۰/۴۸ است. همچنین شاخص‌های آب استخراج‌شده از منطقه موردمطالعه بیشترین مقدار آب را در محدوده تالاب نمایش می‌دهند که به علت وجود بدنه آبی در آن محدوده صحیح به نظر می‌رسد. به‌عنوان نمونه مقدار شاخص NDWI برابر ۰/۱۵ در محدوده تالاب بیشتر از سایر مناطق اطراف آن بوده است. به‌طورکلی بر اساس نتایج جدول ۵، مناطق مسکونی اطراف تالاب کمتر از سایر مناطق اطراف آن است. این موضوع با توجه به وجود مناطق مسکونی اطراف تالاب قابل توجیه است. به‌عنوان‌مثال مقدار میانگین شاخص NDBI با کمترین مقدار ۰/۱۵ – در محدوده تالاب مشاهده می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از سال ۲۰۰۷ مشابه سال ۱۹۹۵ است. به‌عبارت‌دیگر شاخص‌های گیاهی و بدنه آبی بیشترین مقدار را در تالاب داشته‌اند و کمترین مقدار منطقه مسکونی در محدوده تالاب مشاهده می‌شود. نسبت به سال ۱۹۹۵ وضعیت سلامت محیط‌زیست بر اساس این شاخص‌ها در سال ۲۰۰۷ بدتر به نظر می‌رسد. مقدار شاخص NDVI در محدوده تالاب از ۰/۵۳ به ۰/۴۲ افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده کاهش پوشش گیاهی در منطقه است. همچنین مقدار شاخص NDWI از ۰/۱۵ به ۰/۰۶ کاهش‌یافته است که نشان‌دهنده افزایش پهنه آبی در این بازه زمانی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

است؛ بنابراین به‌صورت کیفی می‌توان بیان کرد که منطقه موردمطالعه در بازه ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۷ ازنظر پوشش گیاهی، بدنه آبی و رشد منطقه مسکونی دچار فشار شده است.

در سال ۲۰۱۳، مقدار شاخص‌های پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه کاهش شدید داشته‌اند که نشان‌دهنده افت شدید سلامت محیط‌زیست است. مقدار NDVI محدوده تالاب از ۰/۴۳ به ۰/۳۳ رسیده است که این موضوع با مقادیر دیگر در شاخص‌های دیگر نیز مشاهده می‌شود. اگرچه تغییرات چندانی در مقادیر شاخص‌های آب مشاهده نمی‌شود اما شاخص‌های مناطق مسکونی تغییرات شدید داشته‌اند. به‌عنوان نمونه مقدار شاخص EEBI در محدوده تالاب از مقدار ۰/۲۳ – به مقدار ۹/۱۷ – رسیده است. این تغییرات در سایر شاخص‌های مناطق مسکونی مشاهده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهند کاهش پوشش گیاهی در محدوده تالاب به تغییر مناطق مسکونی مرتبط است. یکی از مصادیق این جمله ساخت مسکن مهر شهرستان لنگرود در محدوده تالاب کیاکلایه است. وضعیت تالاب در مناطق اطراف در سال ۲۰۱۹ تقریباً مشابه سال ۲۰۱۳ است اما نسبت به سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ به‌شدت محیط‌زیست آن دچار آسیب شده است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های مختلف می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روند تغییرات شاخص‌های هر دسته روند تغییرات را مشابه یکدیگر نشان می‌دهند. به‌عنوان نمونه در شاخص پوشش گیاهی روند تغییرات TNDVI و RVI در بافرهای مختلف تقریباً مشابه یکدیگر است و روند کاهشی یا افزایشی آن‌ها تقریباً یکدیگر را تأیید می‌کنند. ازاین‌رو می‌توان از یکی از شاخص‌های هر دسته برای بررسی روند تغییرات در بازه زمانی ۲۴ ساله استفاده کرد. علاوه بر این، مقادیر شاخص‌ها دارای واحد نیستند و مقادیر آن‌ها در بازه‌های مختلف بسته به رابطه مورداستفاده برای برآورد آن‌ها متغیر است. همچنین معنای فیزیکی برای بازه‌های هر شاخص تاکنون ارائه نشده است. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد اگر مقادیر شاخص‌ها بیشتر باشد نشان‌دهنده احتمال وجود بیشتر آن هدف مثلاً گیاه، آب و مناطق مسکونی در منطقه است.

جدول ۵: نتایج شاخص‌های استخراج‌شده از شهرستان لنگرود در سال ۱۹۹۵، ۲۰۰۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ (سال ۱۳۹۸)

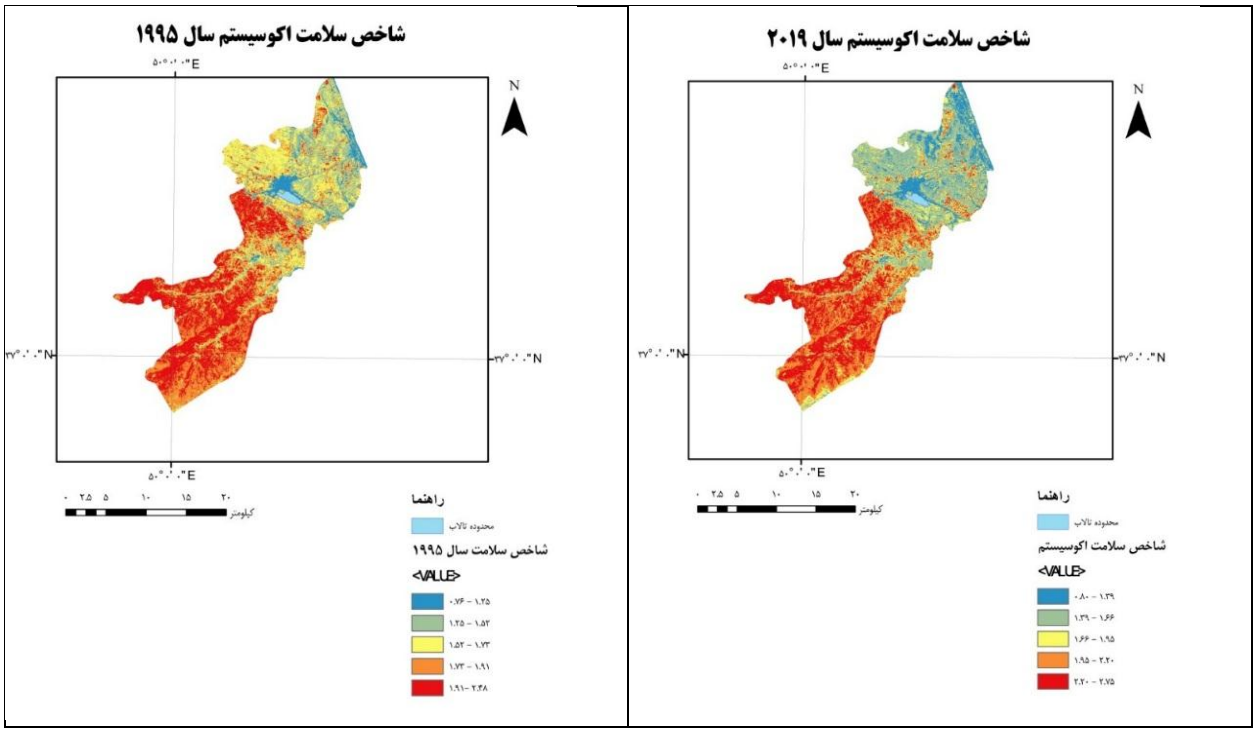
			سال ۱۹۹۵					
		تالاب	۲۵۰-۰ متر	۵۰۰-۲۵۰ متر	۷۵۰-۵۰۰ متر	۱۰۰۰-۷۵۰ متر	۱۲۵۰-۱۰۰۰ متر	۱۵۰۰-۱۲۵۰ متر
شاخص پوشش گیاهی	NDVI	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۸
	TNDVI	۱/۰۱	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸
	RVI	۳/۶۴	۲/۹۴	۲/۹۴	۲/۹۳	۳/۰۹	۳/۲۲	۳/۳۱
شاخص آب	NDWI	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۹
	NDWI2	-۰/۴۷	-۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۴	-۰/۴۲	-۰/۴۳
	MNDWI	-۰/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۳۴	-۰/۳۶	-۰/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۳۶
شاخص پوشش مسکونی	NDBI	-۰/۱۵	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۰۹
	EBBI	-۰/۵	-۰/۲۴	-۰/۲۳	-۰/۲	-۰/۲۶	-۰/۳۳	-۰/۳۳
	NDBaI	-۰/۳۷	-۰/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۳۵	-۰/۳۴
			۲۰۰۷					
شاخص پوشش گیاهی	NDVI	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۸
	TNDVI	۰/۹۵	۰/۹	۰/۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۳
	RVI	۲/۶۸	۲/۰۹	۲/۱۷	۲/۲۴	۲/۲۶	۲/۳۴	۲/۴۴
شاخص آب	NDWI	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵
	NDWI2	-۰/۳۹	-۰/۳	-۰/۳۱	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۳۳	-۰/۳۵

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

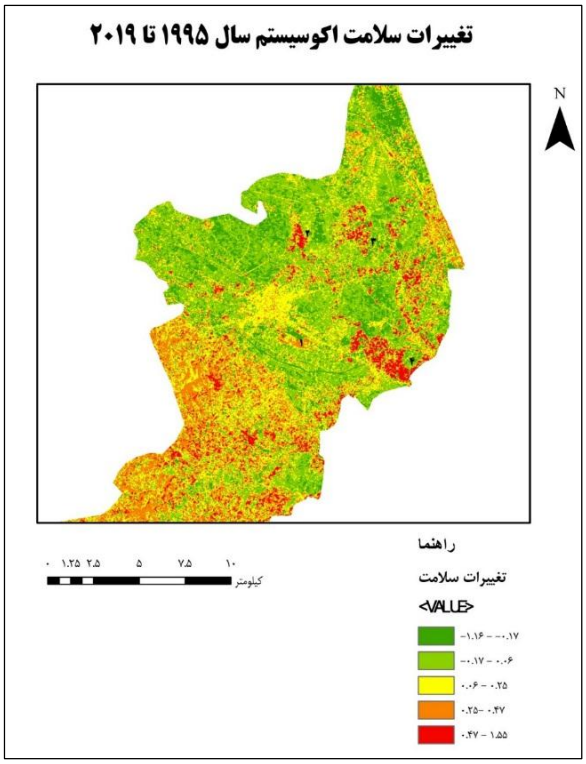
	MNDWI	-۰/۳۴	-۰/۲۹	-۰/۳۱	-۰/۳۲	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۳
شاخص پوشش مسکونی	NDBI	-۰/۰۶	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱۳	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۵
	EBBI	-۰/۲۳	-۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۱۹
	NDBaI	-۰/۲۷	-۰/۲۸	-۰/۲۷	-۰/۲۶	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۲۹
۲۰۱۳								
شاخص پوشش گیاهی	NDVI	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۱
	TNDVI	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۹
	RVI	۲/۱۲	۱/۷۹	۱/۸۱	۱/۸۷	۱/۸۴	۱/۹	۲
شاخص آب	NDWI	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۶
	NDWI2	-۰/۳	-۰/۲۴	-۰/۲۴	-۰/۲۵	-۰/۲۴	-۰/۲۶	-۰/۲۷
	MNDWI	-۰/۱۳	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۲
شاخص پوشش مسکونی	NDBI	-۰/۱۷	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۵	-۰/۱۶
	EBBI	-۹/۱۷	-۶/۲۲	-۶/۱۳	-۶/۷۱	-۶/۷۶	-۷/۴۹	-۸/۲۸
	NDBaI	-۰/۳۶	-۰/۳۷	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۷	-۰/۳۸	-۰/۳۸
۲۰۱۹								
شاخص پوشش گیاهی	NDVI	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۶
	TNDVI	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۷
	RVI	۲/۱۶	۱/۶۷	۱/۶۸	۱/۷۶	۱/۶۸	۱/۶۷	۱/۸
شاخص آب	NDWI	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵
	NDWI2	-۰/۲۹	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۲۳	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۲۲
	MNDWI	-۰/۱۴	-۰/۰۹	-۰/۱	-۰/۱۱	-۰/۰۷	-۰/۰۵	-۰/۰۷
شاخص پوشش مسکونی	NDBI	-۰/۱۶	-۰/۱۲	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۱۵
	EBBI	-۸/۰۵	-۵/۱۸	-۴/۸۵	-۵/۳۶	-۵/۴۴	-۵/۹	-۶/۶
	NDBaI	-۰/۲۴	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۳	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۳۲

مقدار بالا این شاخص نشان‌دهنده اثرات مثبت و مقدار پایین آن اثرات منفی محیط زیستی را نمایش می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر مناطق با پوشش گیاهی بیشتر و پوشش مسکونی کمتر مناطق مناسب هستند. شکل ۸ شاخص استخراج‌شده از منطقه موردمطالعه در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۹ را نمایش می‌دهد. شکل ۹ اختلاف این شاخص میان‌سال‌های ۲۰۱۹ و ۱۹۹۵ را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]



شکل ۸: شاخص سلامت اکوسیستم استخراج‌شده در شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).



شکل ۹: مناطق تغییر کرده میان‌سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ در شهرستان لنگرود (سال ۱۳۹۸).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

به‌منظور اعتبارسنجی خروجی‌های به‌دست‌آمده، شکل ۱۰ تصاویر اخذشده توسط عملیات میدانی از منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. این تصاویر در محدوده پیشین تالاب اخذشده‌اند که نشان‌دهنده حجم ساخت‌وساز بالا در محدوده تالاب است. این تصاویر به‌گونه‌ای کاهش پوشش گیاهی (نیزارها و درختان منطقه) و افزایش محدوده شهری را در ناحیه تالاب نشان می‌دهد.

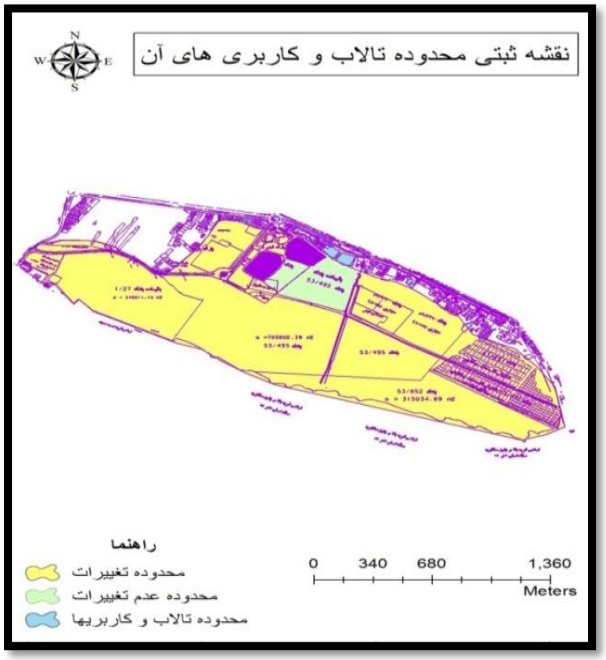
به‌منظور اعتبارسنجی دقیق‌تر نتایج از نقشه کاداستر شهری که از اداره ثبت شهرستان لنگرود اخذشده استفاده می‌شود. شکل ۱۱ نقشه ثبتی محدوده تالاب کیاکلایه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کل محدوده تالاب در حال حاضر قسمت سبز کوچک مرکز تصویر است. مناطق صورتی‌رنگ مناطق شهری و بلوک‌های ساختمانی ایجادشده در محدوده تالاب را نشان می‌دهد. این نقشه به‌نوعی نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌ها را تأیید می‌کند. لذا می‌توان نتیجه گرفت شاخص‌های استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند در پایش محیط‌زیست مناسب باشند.



(الف) مسکن مهر ساخته‌شده در محدوده تالاب	(ب) پارک ساخته در اطراف تالاب
(ج) پارک بازار لنگرود	(د) ساختمان‌ها و سطوح نفوذناپذیر اطراف تالاب

شکل ۱۰: تصاویر اخذشده از کار میدانی در محدوده تالاب کیاکلایه (سال ۱۳۹۸).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]



شکل ۱۱: نقشه ثبتی محدوده تالاب کیاکلایه (سال ۱۳۹۸).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از تصاویر سری زمانی سنجنده TM ماهواره لندست فشارها، تغییرات و نهایتاً مخاطرات محیطی وارد به تالاب کیاکلایه در بازه زمانی ۲۴ ساله از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ بررسی شد. رشد و گسترش مناطق شهری در استان گیلان در چند دهه گذشته به دلیل رشد جمعیت و مهاجرت مردم از روستا به شهر با شتاب زیادی همراه بوده است. Abdollahi و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات کاربری شهرستان لاهیجان که در مرز شهرستان لنگرود قرار دارد را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده تغییرات وسیع در کاربری اراضی است (Abdollahi *et al.*, 2020). به دلیل اطمینان از تغییرکلاس‌های مختلف پوششی و کاربری اطراف تالاب کیاکلایه، از شاخص‌های پوشش گیاهی، آب و سطوح مسکونی استفاده شد. تحقیقات گذشته نشان دادند که این شاخص‌ها برای شناسایی اهدافی نظیر گیاه، آب و سطح مسکونی مناسب هستند (As-syakur *et al.*, 2012؛ Babaei *et al.*, 2019).

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهند پوشش گیاهی تالاب و مناطق اطراف در محدوده سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۹ کاهش شدید داشته است. این موضوع در مورد کاهش شدید پهنه آبی نیز صادق است. نتایج تحقیقات اخیر نشان‌دهنده این موضوع هستند که شاخص‌های پهنه آبی با صحت کلی بالاتر از ۹۰ درصد توانایی تفکیک آب از خشکی رادارند. به‌عنوان‌مثال، (Chen *et al.*, 2020) و (Chen *et al.*, 2020) کارایی مناسب شاخص‌های شناسایی آب در شناسایی منابع آب داخلی را نشان دادند. از طرف دیگر بررسی شاخص‌ها، نشان‌دهنده رشد مناطق مسکونی در اطراف تالاب کیاکلایه است (As-syakur *et al.*, 2012). نتایج حاصل از اعتبارسنجی با مشاهدات زمینی و نقشه ثبتی تالاب نشان می‌دهند روش پیشنهادی به‌خوبی توانسته است مناطق ساخته‌شده را شناسایی کند. استفاده از مشاهدات میدانی و نقشه‌های وضع موجود ازجمله معتبرترین منابع برای تفسیر و اعتبار سنجی نتایج است که در تحقیقات مختلف علوم زمین مورداستفاده قرارگرفته‌اند (Janalipour and Mohammadzadeh, 2019).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

اثرات مخرب ناشی از بین رفتن تالاب کیاکلایه، سبب کاهش اراضی کشاورزی، افزایش مناطق مسکونی و عدم مهاجرت پرندگان به منطقه شده است (Rezaie *et al.*, 2020). پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی میزان فشار وارد به اکوسیستم اطراف تالاب و از بین رفتن ارزش اقتصادی سلامت اکوسیستم نیز به‌صورت کمی موردبررسی قرار گیرد (Bhowmik, 2020). نتایج به‌دست‌آمده توسط رنجبران لنگرودی و همکاران نشان می‌دهد که در ۴۵ سال گذشته مساحت تالاب کیاکلایه از ۵۵۵ هکتار به ۵۵ هکتار کاهش‌یافته است که نتایج به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه ما را تأیید می‌کند (رنجبران لنگرودی و همکاران، ۱۳۹۲). در سال ۲۰۲۰، Ondiek و همکاران اثرات اجتماعی و اقتصادی تبدیل تالاب‌ها به زمین‌های کشاورزی در شرق آفریقا را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تغییرات حدود ۵۵ درصد میان‌سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۸ بوده است (Odiek *et al.*, 2020). این موضوع نشان‌دهنده این است که روند تغییرات و آسیب تالاب‌ها یک معضل جهانی است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۷، مناطقی که بیشترین تغییرات را داشته‌اند ازنظر زیست‌محیطی آسیب جدی دیده‌اند و به رنگ قرمز نمایش داده‌شده‌اند. منطقه شماره ۱ در این شکل مربوط به ساخت‌وسازهای مسکن مهر شهرستان لنگرود در محدوده تالاب کیاکلایه است که به‌خوبی توسط روش پیشنهادی شناسایی‌شده است. مناطق شماره ۲، ۳ و ۴ نیز مربوط به توسعه و ساخت‌وساز شهری و تغییر کاربری بشر در مناطق است. مناطق ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مربوط به سادات‌محله و خالکیاسر لنگرود و قاضی محله شهر شلمان می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهند که روش پیشنهادی باقابلیت بالا توانسته است مناطق آسیب‌دیده تالاب را شناسایی نماید. با توجه به‌این‌که تغییرات اتفاق افتاده در شهرستان لنگرود به‌دلیل رشد و گسترش شهری بوده است، این شاخص سلامت توانسته مفید واقع شود. نتایج حاصل از تحقیق پوررمضان و درویش رحیم آبادی نشان می‌دهند که افزایش جمعیت در شهرستان لنگرود در بازه زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ رخ داده است که این آمار با اطلاعات تغییرات مکانی به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای در این تحقیق هم‌خوانی دارد (پوررمضان و درویش رحیم آبادی، ۱۳۹۶).

تخریب شدید تالاب کیاکلایه، سبب افزایش ریسک مخاطرات محیطی و فشار محیط زیستی زیاد به مناطق مجاور شده است (رنجبران لنگرودی و همکاران، ۱۳۹۲). اولین اثر منفی تخریب تالاب عدم کوچ پرندگان مهاجر به تالاب است که سبب از بین رفتن چرخه محیط‌زیست می‌شود. علاوه براین تخریب تالاب کیاکلایه که به‌نوعی آبندان کشاورزی محسوب می‌شد باعث از بین رفتن و خشک شدن مزارع اطراف شده است. این موضوع به‌نوعی یکی از دلایل رشد سطوح نفوذناپذیر در اطراف آن شده است. نهایتاً یکی دیگر از مخاطرات محیطی، از بین رفتن اثر تالاب در جذب و کاهش آلاینده‌ها و اثرگذاری در چرخه کربن منطقه است.

منابع

پور رمضان، ع. و درویش رحیم‌آبادی، ا.، ۱۳۹۶. تحلیل سلسله مراتبی شهری و متعادل‌سازی توزیع فضایی جمعیت کانون‌های شهری استان گیلان. مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۲(۴): صفحات ۸۹۳-۸۷۵.

جعفری، ح.، کریمی، س. و مداح، ف.، ۱۳۸۶. محدوده یابی سپر حفاظتی با تجزیه‌وتحلیل مشخصه‌های آلاینده به کمک GIS و RS در تالاب میانکاله. محیط‌شناسی، ۳۳ (۴۴): صفحات ۶۴-۵۵.

جهانی شکیب، ف.، ملک محمدی، ب.، زبردست، ل. و عادلی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی قابلیت و کاربرد خدمات اکوسیستمی به‌عنوان شاخص‌های اکولوژیکی در مدل DPSIR) مطالعه بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی تالاب‌های بین‌النهرین و عوامل مؤثر بر آن). پژوهش‌های محیط‌زیست، ۵(۱۰)، صفحات ۱۲۰-۱۰۹.

حلیبان، ا. و شبانکاری، م.، ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی تالاب‌های بین‌النهرین و عوامل مؤثر بر آن. انسان و محیط‌زیست، ۱۴(۴)، صفحات ۲۴-۹.

رحیمی بلوچی، ل.، زرع کار، آ. و ملک محمدی، ب.، ۱۳۹۳. بررسی تغییرات زیست‌محیطی با- استفاده از سنجش‌ازدور و شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی: تالاب بین‌المللی شادگان). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و*GIS* در علوم منابع طبیعی. ۵(۲)، صفحات ۷۳-۶۱.

رنجبران لنگرودی، ن.، برجی، م.، امینی، م. و میرخورسندی، ع.، ۱۳۹۲. بررسی اثرات تغییر کاربری تالاب کیاکلایه لنگرود با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، اولین همایش حفاظت از تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی ایران، همدان، شرکت هم اندیشان محیط‌زیست فردا، https://www.civilica.com/Paper-PWAE01-PWAE01_089.html

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

زبردست، ل. و جعفری، ح.، ۱۳۹۰. ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش‌ازدور و ارائه راه‌حل مدیریتی. محیط‌شناسی، ۳۷(۵۷)، صفحات ۶۴-۵۷.

سبزی پرور، ع.، ۱۳۹٤، تخمین ضریب آلبیدوی سطح زمین با استفاده از تصاویر Leval1-G و CDR ماهواره لندست- ۷. هواشناسی کشاورزی، ۳(۲)، صفحات ۵۴-۴۵.

سلیمی ترکمانی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی مشکل زیست‌محیطی دریاچه ارومیه از منظر حقوق بین‌الملل محیط‌زیست. راهبرد، ۲۰(۵۸)، صفحات ۲۰۲-۱۷۷.

فاطمی، س. و صدقی، ف.، ۱۳۹۵. بررسی مقایسه‌ای اثر استفاده از مقادیر پیکسل، بازتابش و بازتابندگی در محاسبهٔ شاخص‌های گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT 8. سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۳۱(۳)، صفحات ۱۰۴-۹۱.

عباس زاده تهرانی، ن.، ۱۳۹٤، معرفی روشی جهت ارزیابی و پایش «سلامت اکوسیستم» با به‌کارگیری فناوری سنجش‌ازدور. پژوهش‌های محیط‌زیست، ۶(۱۲) صفحات ۷۱-۸۴.

Abdollahi, A. A., (2020). Modeling Land Use Change Using Perceptron Neural Network (Case Study: Lahijan City). The Journal of Spatial Planning, 24(1), 49-79.

Adam, E., Mutanga, O. and Rugege, D., 2010. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands ecology and management* no. 18 (3):281-296.

As-syakur, A., Adnyana, I., Arthana, I. W. and Nuarsa, I. W., 2012. Enhanced built-up and bareness index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sensing* no. 4 (10):2957-2970.

Babaei, H., Janalipour, M. and Abbaszadeh Tehrani, N., 2019. A simple, robust, and automatic approach to extract water body from Landsat images (case study: Lake Urmia, Iran). *Journal of Water and Climate Change*.

Barati, S., Rayegani, B., Saati, M., Sharifi, A. and Nasri, M., 2011. Comparison the accuracies of different spectral indices for estimation of vegetation cover fraction in sparse vegetated areas. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* no. 14 (1):49-56.

Bhowmik, S., 2020. Ecological and Economic Importance of Wetlands and Their Vulnerability: A Review. In Current State and Future Impacts of Climate Change on Biodiversity (pp. 95-112). IGI Global.

Chen, W., Cao, C., Liu, D., Tian, R., Wu, C., Wang, Y., Qian, Y., Ma, G. and Bao, D., 2019. An evaluating system for wetland ecological health: Case study on nineteen major wetlands in Beijing-Tianjin-Hebei region, China. *Science of The Total Environment* no. 666:1080-1088.

Chen, F., Chen, X., Van de Voorde, T., Roberts, D., Jiang, H. and Xu, W., 2020. Open water detection in urban environments using high spatial resolution remote sensing imagery. Remote Sensing of Environment, 242, 111706.

Chen, X., Liu, L., Zhang, X., Xie, S. and Lei, L., 2020. A Novel Water Change Tracking Algorithm for Dynamic Mapping of Inland Water Using Time-Series Remote Sensing Imagery. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 13, 1661-1674.

Crippen, R. E., 1990. Calculating the vegetation index faster. *Remote sensing of environment* no. 34 (1):71-73.

Ekumah, B., Armah, F. A., Afrifa, E. K., Aheto, D. W., Odoi, J. O. and Afitiri, A., 2020. Geospatial assessment of ecosystem health of coastal urban wetlands in Ghana. *Ocean & Coastal Management* no. 193:105226.

Gao, B., 1996. "NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space." *Remote sensing of environment* no. 58 (3):257-266.

Gardelle, J., Hiernaux, P., Kergoat, L. and Grippa, M., 2010. Less rain, more water in ponds: a remote sensing study of the dynamics of surface water from 1950 to present in pastoral Sahel (Gourma region, Mali). *Hydrology and Earth System Sciences* no. 14 (2):309-324.

Han-Qiu, X., 2005. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Journal of remote sensing* no. 5:589-595.

Jafary, P., Alimohammadi Sarab, A. and Abbaszadeh Tehrani, N., 2018. Ecosystem health assessment using a fuzzy spatial decision support system in Taleghan watershed before and after dam construction. *Environmental Processes* no. 5 (4):807-831.

Janalipour, M. and Mohammadzadeh, A., 2019. A novel and automatic framework for producing building damage map using post-event LiDAR data. International Journal of Disaster Risk Reduction, 39, 101238.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A. and Lafaye, M., 2007. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote sensing of environment* no. 106 (1):66-74.

Li, X., Li, C. and Zhang, L., 2010. Modeling the scenarios of wetland restoration in Hengshui Lake National Nature Reserve. *Procedia Environmental Sciences* no. 2:1279-1289.

McFeeters, S. K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* no. 17 (7):1425-1432.

Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J. and Alexander, L., 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* no. 33 (2):481-486.

Ondiek, R. A., Vuolo, F., Kipkemboi, J., Kitaka, N., Lautsch, E., Hein, T. and Schmid, E., 2020. Socio-economic determinants of land use/cover change in wetlands in East Africa: a case study analysis of the Anyiko wetland, Kenya. Frontiers in Environmental Science, 7, 207.

Orimoloye, I. R., Kalumba, A. M., Mazinyo, S. P. and Nel, W., 2020. Geospatial analysis of wetland dynamics: wetland depletion and biodiversity conservation of Isimangaliso Wetland, South Africa. *Journal of King Saud University-Science* no. 32 (1):90-96.

Ozesmi, S. L. and Bauer, M. E., 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands ecology and management* no. 10 (5):381-402.

Pourkhabbaz, H. R., Khanghah, S. Y. and Salehipour, F., 2015. Study of land use changes trend in Shadegan wetland using remote sensing and GIS and Offering management Solutions. *Wetland Ecobiology* no. 7 (3):55-66.

Rezaie, A. M., Loerzel, J. and Ferreira, C. M., 2020. Valuing natural habitats for enhancing coastal resilience: Wetlands reduce property damage from storm surge and sea level rise. PloS one, 15(1), e0226275.

Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H. and Sorooshian, S., 1994. A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment* no. 48 (2):119-126.

Rebelo, L. M., Finlayson, C. M. and Nagabhatla, N., 2009. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. *Journal of environmental management* no. 90 (7):2144-2153.

Ritchie, J. C., Zimba, P. V. and Everitt, J. H., 2003. Remote sensing techniques to assess water quality. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* no. 69 (6):695-704.

Sharitz, R., 1986. Remote sensing inland wetlands: a multispectral approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* no. 52 (1):87-100.

Shen, G., Yang, X., Jin, Y., Xu, B. and Zhou, Q., 2019. Remote sensing and evaluation of the wetland ecological degradation process of the Zoige Plateau Wetland in China. *Ecological indicators* no. 104:48-58.

Song, G., Fu, C. and Yong, E., 2011. The analysis of ecosystem service value's change in Yueqing Bay wetland based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences* no. 11:1365-1370.

Tehrani, N. A. and Makhdoum, M. F., 2013. Implementing a spatial model of Urban Carrying Capacity Load Number (UCCLN) to monitor the environmental loads of urban ecosystems. Case study: Tehran metropolis. *Ecological indicators* no. 32:197-211.

Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of environment* no. 8 (2):127-150.

Wu, C. and Chen, W., 2020. Indicator system construction and health assessment of wetland ecosystem—— Taking Hongze Lake Wetland, China as an example. *Ecological Indicators* no. 112:106164.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]