

## ارزیابی روش‌های آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب‌های چغاخور و سولگان

امید میرمحمدصادقی<sup>۱\*</sup>، محمد نبویان پور<sup>۲</sup>، سلمان یزدانی<sup>۳</sup>، شیدا محمدی فرد<sup>۴</sup>

(۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

(۲) دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

(۳) کارشناس مهندسی رودخانه و تالاب‌ها، سازمان آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.

(۴) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

\*نویسنده مسئول: Osadeghi10@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷

### چکیده

تالاب‌ها یکی از مهم‌ترین سرمایه‌های محیط‌زیستی هستند که اطلاع از تغییرات آن‌ها نقش اساسی در مدیریت این اکوسیستم‌های آبی دارد. از میان نگرانی‌ها در زمینه تغییرات محیط‌زیست و اکوسیستم تالاب‌ها، مسائل مربوط به تغییر کاربری و پوشش گیاهی طی زمان به‌طور فزاینده‌ای مهم تلقی شده‌اند. در همین راستا روش‌های سنجش از دور ابزاری قدرتمند برای بررسی پایش تغییرات به حساب می‌آیند که با سرعت و دقت مناسبی تغییرات کاربری اراضی را در سطوح وسیعی مورد ارزیابی قرار داده و تغییرات را آشکار می‌نماید. به‌منظور آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در سه تالاب چغاخور، سولگان غربی و سولگان شرقی، سه تصویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ انتخاب و روش‌های آشکارسازی تفاضل تصویر، تفاضل پوشش گیاهی و تسلد کپ بر روی آنها پیاده‌سازی شد. سپس دقت روش‌های مذکور از طریق طبقه‌بندی تصاویر به روش حداکثر احتمال و تعیین آستانه تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد روش تسلدکپ با دقت کل و ضریب کاپای ۸۸/۳۴ و ۰/۸۳ نسبت به دو روش دیگر توانسته است تغییرات را به‌خوبی آشکارسازی نماید. بر اساس آستانه تعیین شده، تغییرات افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی، باغات و کشت دیم بوده که از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۵، تغییرات افزایشی فقط ۲۳/۶۶ درصد بوده‌اند، اما در بازه سه ساله از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ به ۴۲/۸ درصد افزایش یافته است و همزمان تغییرات کاهش‌ی مربوط به ۶۶ درصد اراضی مرتعی بودند که طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، تالاب چغاخور، تسلدکپ، تغییرات کاربری و سنجش از دور.

## مقدمه

تالاب‌ها یکی از مهم‌ترین سرمایه‌های محیط‌زیستی هستند که اطلاع از تغییرات آن‌ها نقش اساسی در مدیریت این اکوسیستم‌های آبی دارد. این زیست‌گاه‌های طبیعی نقش زیادی در ویژگی‌های خرد اقلیم و بوم‌سازگان‌های هر منطقه و تداوم بقای حیات وحش، تامین آب شیرین و حفظ تعادل زیستی دارند (Janse *et al.*, 2019). آن‌ها همچنین نواحی انتقالی<sup>۱</sup> بین محیط‌های خشکی و آبی محسوب می‌شوند و به‌عنوان منابع، جاذب‌ها<sup>۲</sup> و مبدل مواد شیمیایی، زیستی و ژنتیک ارزش فراوانی دارند (Mitsch and Gosselink, 2000) که هرگونه تغییری در وضعیت آن‌ها، زندگی اجتماعی و اقتصادی مردم حاشیه آن‌ها را تحت تاثیر قرار داده و آثار محیط‌زیستی گسترده‌ای خواهد داشت. از میان‌نگرانی‌ها در زمینه تغییرات محیط‌زیست و اکوسیستم تالاب‌ها، مسائل مربوط به تغییر کاربری طی زمان به‌طور فزاینده‌ای مهم تلقی شده‌اند. تغییر کاربری واژه‌ای توصیف کننده از فعالیت‌های انسانی است که بررسی آن منجر به درک صحیحی از نحوه تعامل انسان با محیط‌زیست می‌شود (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی که با سرعت فزاینده‌ای در کشور در حال افزایش است، موجب بروز مشکلات محیط‌زیستی مختلفی شده است. از همین روی بررسی روند تغییرات کاربری اراضی از جمله اقدامات اساسی برای برنامه‌ریزی‌های مربوط به منابع آب است که به خصوص در مناطق حساسی مانند تالاب‌ها، اهمیت دو چندان پیدا می‌کنند (Aslan *et al.*, 2016; Hayashi *et al.*, 2016). بارسازی تغییرات شامل کاربرد داده‌های چند زمانه جهت آنالیز کمی در اثر گذشت بر روی پدیده‌ها است. در همین راستا روش‌های سنجش از دور ابزاری قدرتمند برای بررسی پایش تغییرات به حساب می‌آیند که با سرعت و دقت مناسبی تغییرات کاربری اراضی را در سطوح وسیعی مورد ارزیابی قرار داده و تغییرات را آشکار می‌نماید (فتحی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). از همین روی پژوهشگران متعددی تغییرات کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور آشکارسازی کرده‌اند و تاثیر این تغییرات را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داده‌اند. Lauren و همکاران (۲۰۱۵) از الگوریتم کمینه انرژی محدود<sup>۳</sup> و سه شاخص بیان‌گر آب برای آشکارسازی تغییرات سطح آب دریاچه حالا<sup>۴</sup> در شمال چین استفاده و از دریاچه هورون<sup>۵</sup> در شمال آمریکا برای صحت‌سنجی و تدقیق مدل استفاده نمودند. الگوریتم مورد استفاده برای هر دو دریاچه توانست با ضریب کاپا معادل ۰/۹۶ مرز کامل آب را به خوبی و با دقت بالایی مشخص نماید. موسوی و همکاران (۱۳۹۴) در بازه زمانی ۳۸ ساله و با استفاده از سنجنده‌های MSS، TM، +ETM و OLI، تغییرات کاربری

1- Transition zones

2- Sink

3- Constrained Energy Minimization

4- Hala

5- Huron

حوضه ابرکوه را به کمک الگوریتم‌های تسلدکپ و تحلیل مولفه مبنا مورد ارزیابی و پایش قرار دادند. نتایج طبقه‌بندی حاکی از بارسازی هفت نوع کاربری است که سال ۲۰۱۴ با مقادیر ضریب ۸۲ درصد و دقت کل ۰/۷۶ بالاترین دقت را داشت. محمدیاری و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص NDVI و تصاویر ماهواره لندست، تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی را در طی ۱۴ سال برای شهرستان بهبهان مورد ارزیابی قرار دادند. همچنین برای بررسی رابطه میان دما و پوشش گیاهی، معادله رگرسیون بین این دو پارامتر محاسبه شد که بیان‌گر دمای کمتر در سطوح دارای پوشش گیاهی غنی است. Jin و همکاران (۲۰۱۷) به منظور به‌روز رسانی اطلاعات کاربری اراضی ملی منطقه آلاسکا، تغییرات کاربری اراضی را در این منطقه طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست آشکارسازی نمودند. در این میان شاخص‌های گوناگونی نظیر NDWI، شاخص آشکارسازی سایه<sup>۱</sup> و شاخص یخ و برف<sup>۲</sup> محاسبه، نقشه پوشش گیاهی منطقه به روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و به روش تسلدکپ تغییرات طی سال‌های مذکور آشکارسازی شد. نتایج نشان داد دقت کل در تعیین مناطق با تغییرات و بدون تغییرات در حدود ۹۰ درصد بوده است که این مقدار در نقشه‌های به‌روزرسانی شده سال ۲۰۱۱ به ۸۶ درصد رسیده است. بنابراین با توجه به دقت مناسب روش پیشنهادی از آن برای کل منطقه آلاسکا و به‌روز رسانی نقشه‌های پوشش گیاهی استفاده شده است. در همین راستا در پژوهش حاضر به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در سه تالاب چغاخور، سولگان غربی و سولگان شرقی از سه تصویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ استفاده و روش‌های آشکارسازی تفاضل تصویر، تفاضل پوشش گیاهی و تسلدکپ بر روی آن‌ها پیاده‌سازی شد. ضمن اینکه به کمک شاخص‌های شناسایی آب، تغییرات پهنه آبی هر سه تالاب مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر همزمان تغییرات پوشش گیاهی بر پهنه آبیگر تالاب‌ها ارزیابی شده است.

## مواد و روش‌ها

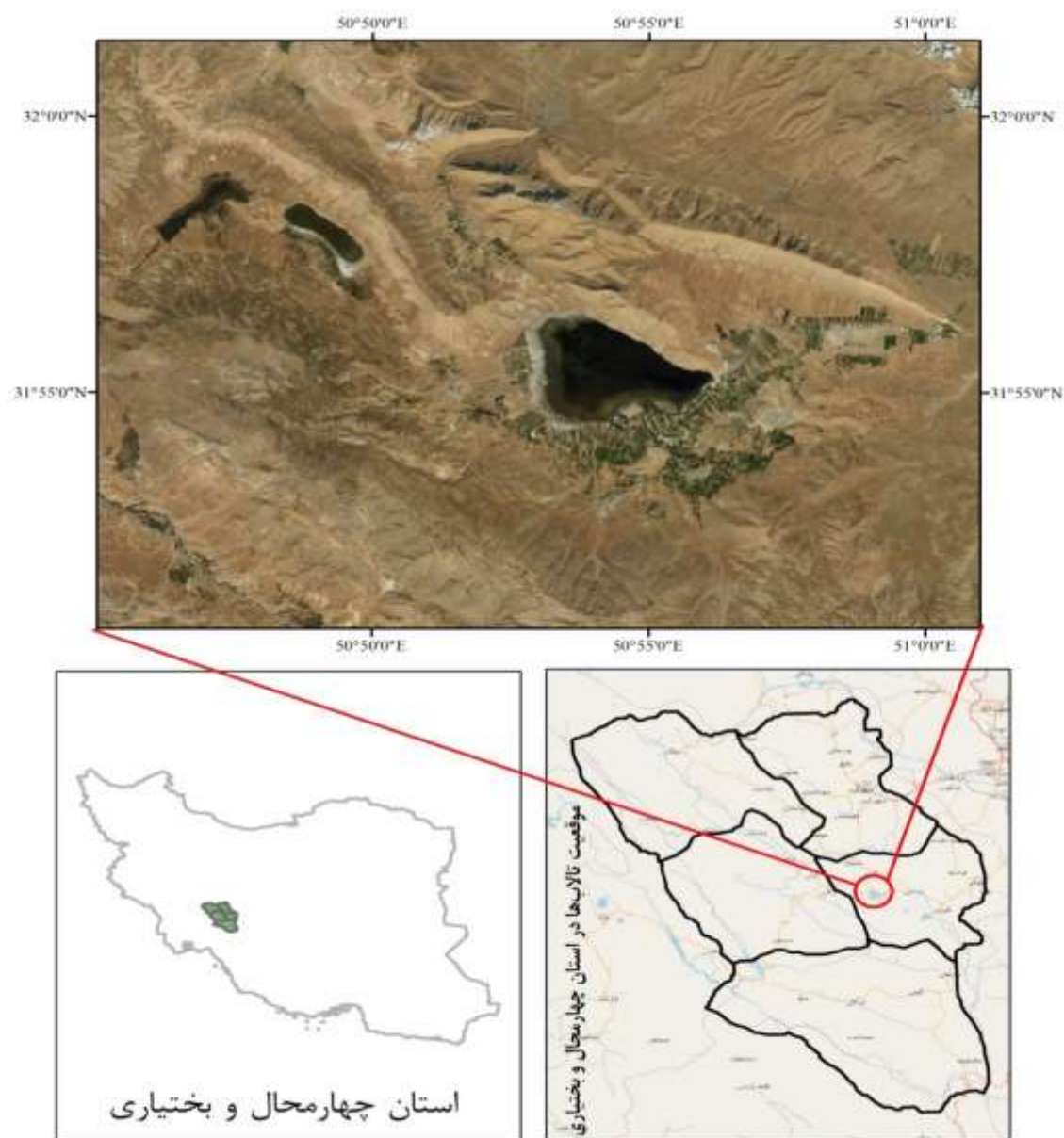
### منطقه مورد مطالعه

سه تالاب چغاخور، سولگان غربی و سولگان شرقی در استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان بروجن و بخش بلداجی با مساحت‌های به ترتیب ۱۶۰۰، ۳۰۰ و ۲۷۰ هکتار واقع شده‌اند (شکل ۱). تالاب بین‌المللی چغاخور بزرگ‌ترین تالاب این استان و یکی از ذخیره‌گاه‌های اکولوژیکی مهم در این منطقه محسوب می‌شود که در سال ۲۰۱۰ به لیست کنوانسیون رامسر پیوسته است. از طریق جاده دسترسی شهرکرد - بروجن - ناغان ابتدا تالاب چغاخور و سپس با فاصله‌ای ۵ کیلومتری نسبت به این تالاب، دو تالاب سولگان غربی و شرقی در نزدیکی روستای علی آباد و در مسیر جاده دسترسی

1- Shadow Detection Index

2- Ice and Snow Index

واقع شده‌اند (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۳). هر سه تالاب در سال‌های اخیر با مشکلات کمبود آب روبه‌رو شده‌اند و به‌خصوص دو تالاب کوچک سولگان غربی و شرقی، فقط در ماه‌های آذر تا خرداد دارای اندکی آب بوده و در سایر ماه‌های سال کاملاً خشک هستند. همچنین به‌منظور پایش تغییرات بارش در سه سالی که تصاویر ماهواره‌ای آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، از آمار ایستگاه آورگان در نزدیکی محدوده مورد مطالعه استفاده شده است. آمار این ایستگاه از سازمان آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شد و مورد استفاده قرار گرفت. مساحت پلیگون انتخابی در حدود ۲۸/۵ هکتار است که شامل اراضی کشاورزی و باغات، کوه، جاده‌های دسترسی، ساختمان و تاسیسات است.



شکل ۱: موقعیت تالاب‌های چغاخور، سولگان غربی و سولگان شرقی نسبت به استان چهارمحال و بختیاری (تصویر پایین)، تصویر ماهواره‌ای سه تالاب (تصویر بالا)

## تصاویر ماهواره‌ای

به منظور پایش تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره لندست در سه سال ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ استفاده شد. تصاویر به ترتیب مربوط به سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و ۱۴ ژوئن سال ۲۰۰۲، سنجنده OLI ماهواره لندست و تاریخ های ۱۸ ژوئن ۲۰۱۵ و ۱۰ ژوئن ۲۰۱۸ بود. ماهواره لندست ۵ از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۳ تصاویر را در ۷ باند با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ تا ۱۲۰ متر و ماهواره لندست ۸ از سال ۲۰۱۳ تاکنون تصاویر را در ۱۱ باند با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ تا ۱۰۰ متر برداشت می‌کند. از آنجایی که تصاویر در حالت خام دارای انواع خطاهای هندسی و رادیومتریک می‌باشند، لذا لازم است این خطاها از روی تصویر برداشته یا کاهش یابند تا هرگونه پردازش و محاسبات بر روی این تصاویر با بالاترین دقت صورت گیرد. خطاهای هندسی باعث جابجایی، تغییر شکل و وضعیت عوارض روی تصویر می‌گردد، در حالی که خطای رادیومتریک روی درجه‌های خاکستری ایجاد شده و باعث جا افتادن خطوط یا نوار نوار شدن آن‌ها می‌شود (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). یکی دیگر از خطاهای موجود در تصاویر ماهواره‌ای، خطای اتمسفری مربوط به جذب و پراکنش ذرات اتمسفر است. خطاهای اتمسفری باعث محو جزئیات تصویر می‌شوند و به این وسیله قدرت تفکیک مکانی سنجنده نیز کاهش می‌یابد. تصاویر ماهواره‌ای در پژوهش حاضر به روش FLAASH تصحیح شدند. همچنین ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده می‌شود تا فرآیند طبقه‌بندی با دقت بالایی انجام گیرد. همچنین ارزش پیکسل‌های مربوط به طبقه‌بندی‌های ساختمانی، کوه و سایر تاسیسات (به جز اراضی کشاورزی و باغات) صفر شده است تا آشکارسازی تغییرات در منطقه مورد مطالعه فقط برای پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی صورت گیرد. به منظور آشکارسازی تغییرات در طی سال‌های مختلف از سه روش تفاضل تصویر، تفاضل پوشش گیاهی و تسلدکپ استفاده شد.

### روش تفاضل تصویر<sup>۱</sup>

در این روش ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ دوم از ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ اول کسر می‌گردد. این فرآیند به صورت پیکسل به پیکسل انجام می‌شود و نتیجه آن تولید تصویری است که مقادیر مثبت و منفی در آن به ترتیب بیان‌گر مناطق تغییر یافته افزایشی و کاهش‌ی بوده و مقدار صفر نشان دهنده عدم تغییر بین دو تاریخ می‌باشد (رابطه ۱) (Correa et al., 2018).

$$Dx = x(t_2) - x(t_1) + c$$

رابطه ۱:

X ارزش پیکسل،  $t_1$  تاریخ اول،  $t_2$  تاریخ دوم و c عدد ثابت است.

### روش تفاضل پوشش گیاهی<sup>۱</sup>

روش تفاضل شاخص پوشش گیاهی برای تعیین تغییر در پوشش گیاهی و بارزسازی اختلاف طیفی بین انعکاس شدید پوشش گیاهی در بخش مادون قرمز نزدیک و باند جذب کلروفیل (باند قرمز) استفاده می‌شود (Lauren *et al.*, 2015). در این روش به صورت مجزا شاخص‌های پوشش گیاهی مربوط به دو دوره متفاوت تهیه شده و سپس شاخص‌های پوشش گیاهی ثانویه از شاخص‌های پوشش گیاهی اولیه کسر می‌گردد. به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) مورد استفاده قرار گرفت که این شاخص برای هر تصویر مطابق رابطه ۲ محاسبه می‌شود (Correa *et al.*, 2018):

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} = \frac{\text{float}(\text{band}5) - \text{float}(\text{band}4)}{\text{float}(\text{band}5) + \text{float}(\text{band}4)} \quad \text{رابطه ۲:}$$

### روش تسلدکپ<sup>۲</sup>

تبدیل تسلدکپ یک نوع تبدیل خطی ساده است. برخلاف دیگر تبدیل‌ها، این تبدیل باید برای داده‌های هر نوع سنجنده و هر کاربردی به طور جداگانه و تجربی تعیین شود. آشکارسازی تغییر بر اساس سه جزء روشنایی، سبزی و رطوبت صورت می‌گیرد. رابطه کلی این تبدیل بر اساس ترکیب خطی بازتاب طیفی ۷ باند با ضرایب مشخص تعریف شده است (رابطه ۳) (Alibaig *et al.*, 2014):

$$Tcx = \omega_{x1}(\text{blue}) + \omega_{x2}(\text{green}) + \omega_{x3}(\text{red}) + \omega_{x4}(\text{NIR}) + \omega_{x5}(\text{SWIR1}) + \omega_{x6}(\text{SWIR2}) \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این رابطه، X می‌تواند مربوط به هریک از اجزا روشنایی (B)، سبزی (G) و رطوبت (W) باشد. بنابراین هریک از ضرایب برای ماهواره لندست ۵ و لندست ۸ مطابق جدول ۱ پیشنهاد شده است.

جدول ۱: ضرایب تبدیل تسلدکپ برای ماهواره لندست ۵ و ۸

ماهواره	تبدیل	باند ۲ (blue)	باند ۳ (green)	باند ۴ (red)	باند ۵ (NIR)	باند ۶ (SWIR1)	باند ۷ (SWIR2)
لندست ۸	روشنایی (B)	۰/۳۰۲۹	۰/۲۷۸۶	۰/۴۷۳۳	۰/۵۵۹۹	۰/۵۰۸	۰/۱۸۷۲
	سبزی (G)	-۰/۲۹۴۱	-۰/۲۴۳	-۰/۵۴۲۴	۰/۷۲۷۶	۰/۰۷۱۳	-۰/۱۶۰۸
	رطوبت (W)	۰/۱۵۱۱	۰/۱۹۷۳	۰/۳۲۸۳	-۰/۳۴۰۷	-۰/۷۱۱۷	-۰/۴۵۵۹
لندست ۵	روشنایی (B)	۰/۲۰۴۳	۰/۴۱۵۸	۰/۵۵۲۴	۰/۵۷۴۱	۰/۳۱۲۴	۰/۲۳۰۳
	سبزی (G)	-۰/۱۶۰۳	-۰/۲۸۱۹	-۰/۴۹۳۴	۰/۷۹۴	-۰/۰۰۰۲	-۰/۱۴۴۶
	رطوبت (W)	۰/۰۳۱۵	۰/۲۰۲۱	۰/۳۱۰۲	۰/۱۵۹۴	-۰/۶۸۰۶	-۰/۶۱۰۹

1- Vegetation Differencing

2- Tasseled Cap

به منظور پایش تغییرات سطح آب تالاب‌های چغاخور و سولگان نیز از شاخص نرمال شده رطوبت (NDWI) و شاخص برداشت خودکار آب استفاده شد (رابطه ۴). شاخص NDWI برای به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج سبز، به حداقل رساندن بازتاب کم NIR با ویژگی‌های آب، و بازتاب بالای NIR توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است (Chen *et al.*, 2019):

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} = \frac{float(band3) - float(band5)}{float(band3) + float(band5)} \quad \text{رابطه ۴}$$

شاخص AWEI به منظور افزایش کنتراست بین آب و سایر سطوح تیره می‌باشد. تاکید خاص به بهبود کیفیت سطوح آب و تاریک مانند سایه، که با توجه به شباهت‌ها در الگوی بازتاب اغلب به سختی تشخیص داده می‌شوند (رابطه ۵) (Chen *et al.*, 2019):

$$AWEI = 4 * (Green - SWIR1) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR2) \quad \text{رابطه ۵}$$

ارزیابی نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات به کمک عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth و بازدید میدانی از طریق پارامترهای ارزیابی دقت کل، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا صورت گرفت. از نظر تئوری احتمالات دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج باشد، زیرا در این شاخص، نقش شانس قابل توجه است. دقت کل از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه ۶ به دست می‌آید.

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه OA دقت کل، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی و  $\sum P_{ii}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است. غالباً در کارهای اجرایی به دلیل ایرادهای وارد بر دقت کل، از ضریب کاپا استفاده می‌شود زیرا این شاخص پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه ۷ محاسبه می‌شود.

$$kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \quad \text{رابطه ۷}$$

در این رابطه  $p_o$  درستی مشاهده شده و  $p_c$  توافق مورد انتظار است. حالت ایده‌آل برای این ضریب عدد یک می‌باشد و چنانچه این مقدار برابر صفر باشد طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و اگر مقدار منفی به دست بیاید نشان دهنده خطا در طبقه‌بندی است. دقت تولید کننده احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس روی زمین قرار بگیرد

و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص روی زمین در همان کلاس طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از رابطه‌های ۸ و ۹ محاسبه می‌شوند:

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad \text{رابطه ۹:}$$

در این رابطه PA درصد دقت کلاس a برای تولید کننده، ta تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به‌عنوان کلاس a، ga تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی، UA درصد دقت کلاس a برای کاربر و n<sub>1</sub> تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی است.

### نتایج و بحث

به‌منظور بررسی پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸، نقشه‌های خروجی شاخص پوشش گیاهی NDVI بر اساس میانگین و انحراف معیار به چهار گروه تقسیم شدند: طبقه اول؛ مقادیر کوچکتر از میانگین منهای انحراف معیار، طبقه دوم؛ میانگین منهای انحراف معیار تا میانگین، طبقه سوم؛ میانگین تا میانگین افزون بر انحراف معیار و طبقه چهارم؛ مقادیر بزرگتر از میانگین افزون بر انحراف معیار (جدول ۲).

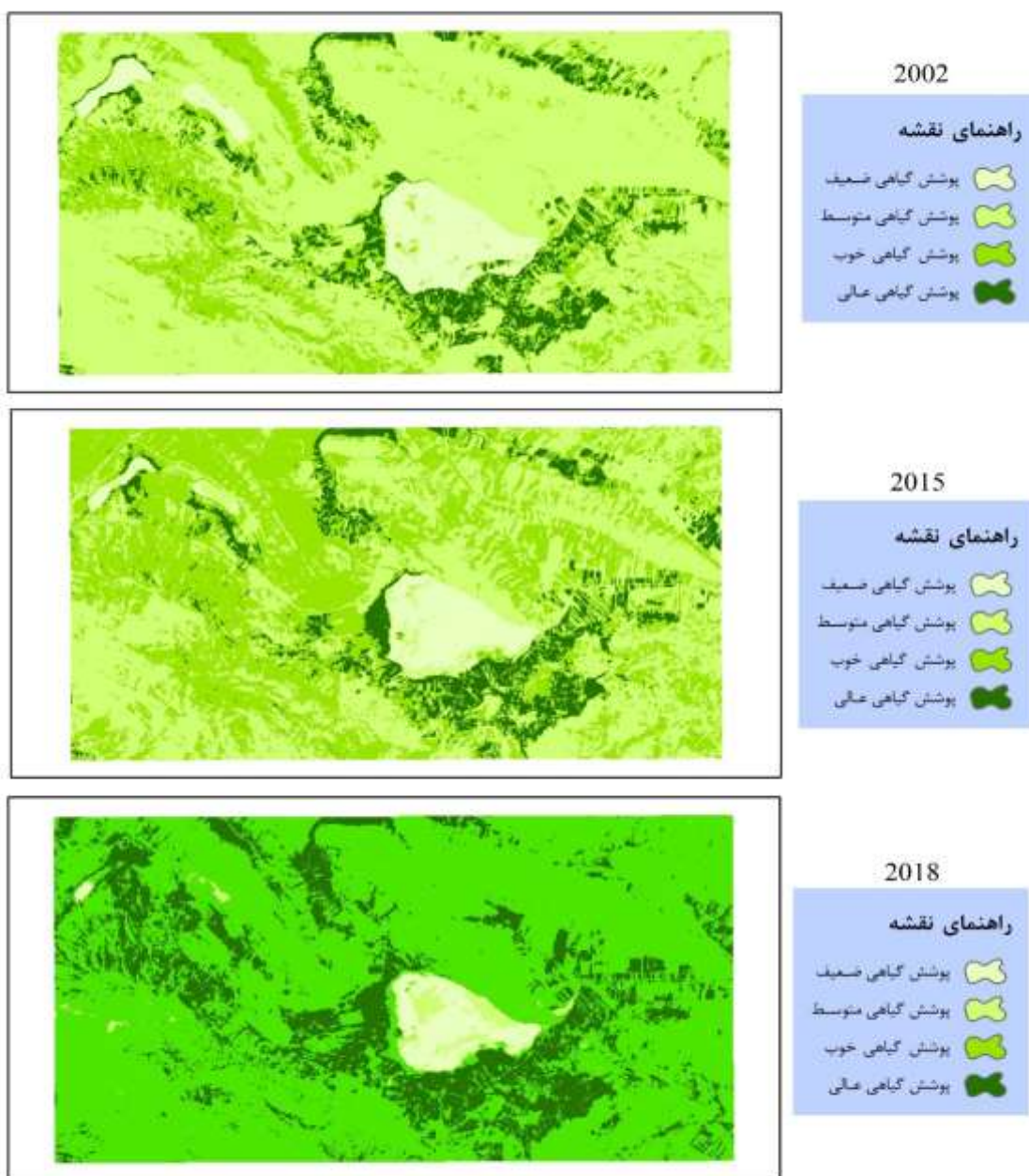
جدول ۲: طبقه‌بندی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه

۲۰۱۸	۲۰۱۵	۲۰۰۲	طبقات
پوشش گیاهی	پوشش گیاهی	پوشش گیاهی	
۰/۱۵۰ >	۰/۱۲۰ >	۰/۰۸۴ >	پوشش ضعیف
۱۵۰ - ۰/۲۸۷	۱۲۰ - ۰/۲۴۱	۰/۰۸۴ - ۰/۱۶۵	پوشش متوسط
۰/۲۸۷ - ۰/۵۳۴	۰/۲۴۱ - ۰/۴۵۰	۰/۱۶۵ - ۰/۲۵۶	پوشش خوب
۰/۵۳۴ <	۰/۴۵۰ <	۰/۲۵۶ <	پوشش عالی

تغییرات کاربری اراضی بر اساس شاخص NDVI نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشخص است در محدوده مورد مطالعه با توجه به نزدیکی به منابع سطحی و همچنین بالا بودن سطح آب زیر زمینی و بهره‌برداری از این منابع، طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ هیچ پوشش گیاهی ضعیفی در منطقه مشاهده نشده است و همه اراضی بایر که حتی دارای حاصل‌خیزی مناسبی نبوده‌اند یا حتی زمین‌های سنگلاخی، همه تحت کشت قرار گرفته‌اند و آنچنان که در تصویر سال ۲۰۱۸ مشخص است بیشترین درصد را دو پوشش خوب و عالی به خود اختصاص داده‌اند.



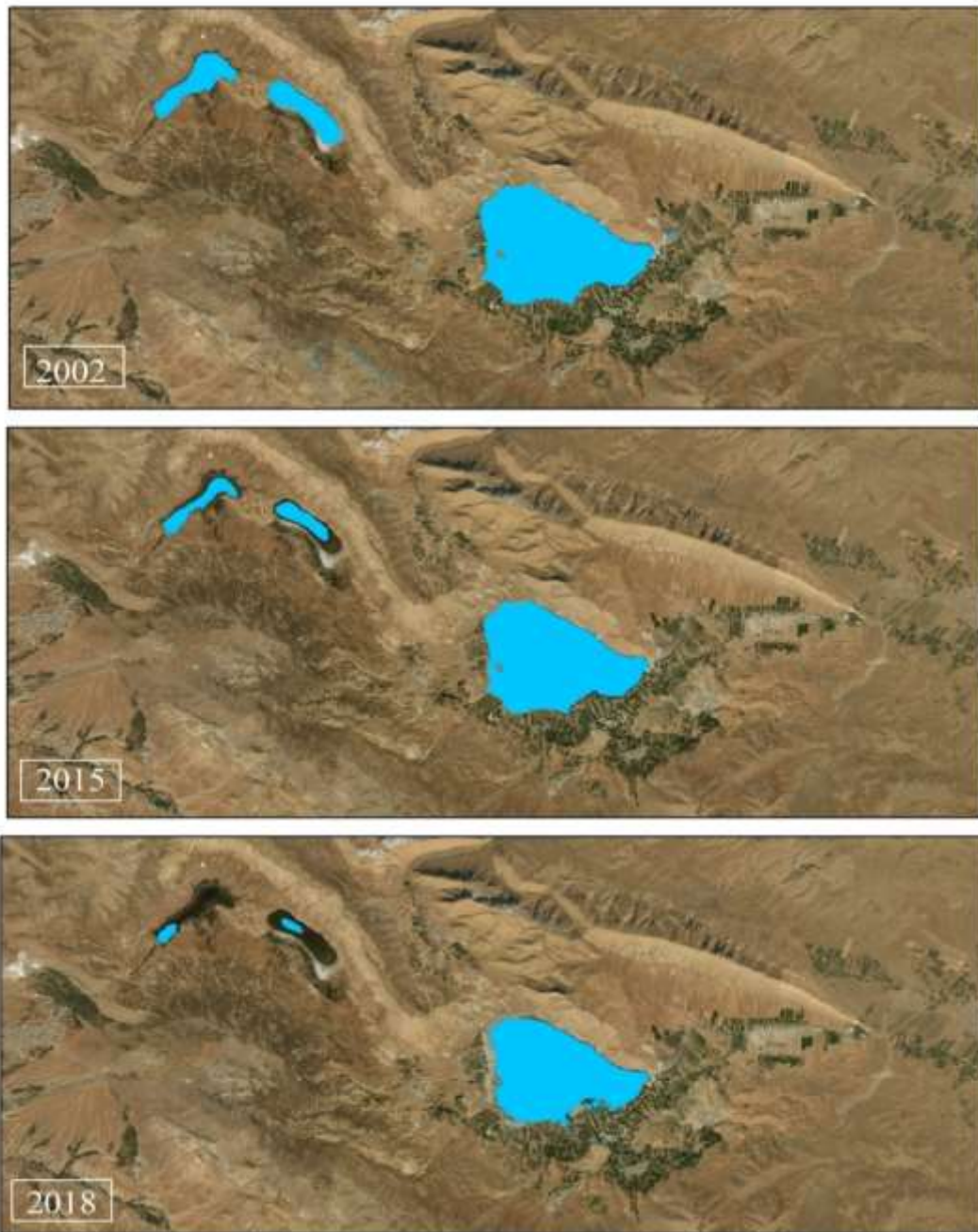
همزمان با زیر کشت رفتن اراضی در طی این دوره زمانی و بهره‌برداری بیش از ظرفیت از منابع تغذیه کننده تالاب‌ها، سطح آب هر سه تالاب دچار افت شدیدی شده است، به‌ویژه در دو تالاب کوچک‌تر، تنش بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی تغذیه کننده شدیدتر بوده است.



شکل ۲: طبقات پوشش گیاهی در سه تصویر ماهواره‌ای

وضعیت سطح آب هر سه تالاب بر اساس شاخص AWEI برای هر سه تصویر نسبت به وضعیت موجود در شکل ۳

نشان داده شده است.



شکل ۳: تغییرات سطح آب تالاب‌های چغاخور، سولگان غربی و شرقی بر اساس شاخص AWEI

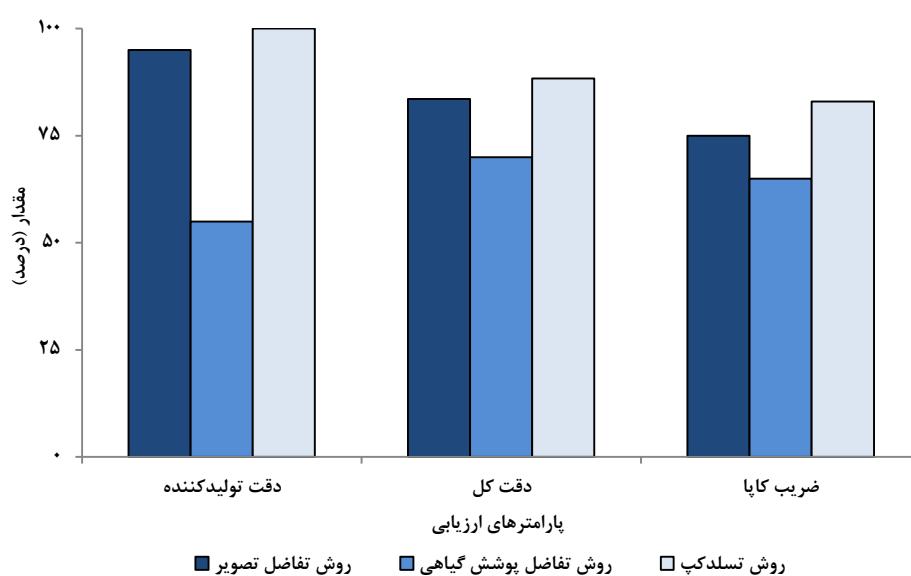
در مرحله دوم به کمک روش حداکثر احتمال تصاویر طبقه‌بندی شده و با در نظر گیری آستانه برای تمایز مناطق با تغییرات افزایشی و کاهش نسبی به مناطق بدون تغییر، دقت روش‌های آشکارسازی مورد استفاده مطابق جدول ۳ ارزیابی شدند.

جدول ۳: ارزیابی دقت روش‌های آشکارسازی تغییرات

داده طبقه‌بندی شده	داده مرجع			کل	دقت کاربر (%)
	تغییرات کاهشی	بدون تغییرات	تغییرات افزایشی		
تفاضل تصویر					
تغییرات کاهشی	۱۵۱	۶	۶	۱۵۷	۳۸
بدون تغییرات	۱۹۸	۹۷۵	۹۲	۱۲۶۵	۹۸
تغییرات افزایشی	۳	۰	۶۲۵	۶۲۸	۸۱
کل	۳۵۲	۹۸۱	۷۱۷	۲۰۵	
دقت تولید کننده (%)	۹۵	۵۶	۹۹		
دقت کل (%)	۸۳/۵۷				
ضریب کاپا	۰/۷۵				
تفاضل پوشش گیاهی					
تغییرات کاهشی	۱۴۲	۴۳	۴۱	۲۲۶	۳۲
بدون تغییرات	۱۲۴	۹۳۸	۱۳۱	۱۱۹	۸۹
تغییرات افزایشی	۸۶	۰	۵۴۵	۶۳۱	۶۵
کل	۳۵۲	۹۸۱	۷۱۷	۲۰۵	
دقت تولید کننده	۵۵	۵۹	۷۹		
دقت کل (%)	۷۰				
ضریب کاپا	۰/۶۵				
تسلدکپ					
تغییرات کاهشی	۲۰۸	۰	۰	۲۰۸	۵۴
بدون تغییرات	۱۳۸	۹۶۷	۴۵	۱۱۵	۹۷
تغییرات افزایشی	۶	۱۴	۶۷۲	۶۹۲	۹۰
کل	۳۵۲	۹۸۱	۷۱۷	۲۰۵	
دقت تولید کننده	۱۰۰	۶۹	۹۵		
دقت کل (%)	۸۸/۳۴				
ضریب کاپا	۰/۸۳				

نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به پوشش گیاهی، مناطق بدون تغییر و مناطق با تغییرات افزایشی بوده‌اند. تغییرات افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی، باغات و کشت دیم بوده‌اند و همزمان تغییرات کاهشی مربوط به اراضی مرتعی هستند که به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. بررسی این روند نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۵، تغییرات افزایشی فقط ۲۳/۶۶ درصد بوده‌اند، اما در بازه سه ساله از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ به ۴۲/۸ درصد افزایش یافته است و طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ حدود ۶۶ درصد بوده است. این موضوع در شکل ۳ و خشک شدن دو تالاب کوچک سولگان غربی و شرقی و کم شدن مساحت تالاب چغاخور نیز طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ کاملاً مشهود است. علی‌رغم اینکه در این سه سال میزان بارندگی ایستگاه اورگان به‌عنوان ایستگاه مبنا به ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ برابر ۶۸۱، ۷۰۹ و ۵۵۶ میلی‌متر بوده است (شکل ۴)، تغییرات پوشش گیاهی و تبدیل اراضی بایر و مرتع متوسط تا خوب به اراضی کشاورزی، باعث بهره‌برداری از منابع آب و در نتیجه کاهش سطح آب در تالاب‌های مورد مطالعه شده است. تغییرات کاهشی سطح آب دریاچه دو تالاب سولگان غربی و شرقی به طور میانگین طی سال‌های ۲۰۰۲ تا

۲۰۱۵ معادل ۹/۴ درصد و طی سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ معادل ۷۷/۷ بوده است که نشان دهنده تغییرات همزمان کاربری اراضی بر سطح آب این سه تالاب است. از میان سه روش مورد بررسی روش تسلدکپ بیشترین دقت کل، دقت تولید کننده و ضریب کاپا را به خود اختصاص داده است و نسبت به دو روش دیگر توانسته است تغییرات را به خوبی آشکارسازی نماید. از آنجایی که روش تسلدکپ متغیرهای طیفی و شکلی را در فرآیند طبقه‌بندی دخالت می‌دهد، به خصوص در نواحی که پدیده‌ها دارای تغییرات شکلی، بافتی و مکانی باشند، قادر به آشکارسازی تغییرات با دقت قابل قبولی می‌باشد و می‌توان از آن برای مطالعات کاربری اراضی بهره برد.



شکل ۴: مقادیر پارامترهای ارزیابی برای هر سه روش مورد استفاده

نتایج این تحقیق با پژوهش‌های فتحی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) و رهنما و همکاران (۱۳۹۵) مقایسه شد. هر دو بیان می‌کنند که بیشترین تغییرات در نزدیکی منابع آبی مربوط به تغییر اراضی بایر و مراتع متوسط تا خوب به اراضی کشاورزی و باغات هستند که این مهم‌ترین عامل بهره‌برداری بیش از اندازه و بی‌رویه از منابع آب بوده است و اثرات آن به صورت خشکی تالاب‌ها و رودخانه‌ها به خصوص در اقلیم خشک و نیمه خشک، نمود پیدا می‌کند که این موضوع در پژوهش حاضر از طریق بررسی همزمان تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات پهنه آبی تالاب‌ها، نشان داده شده است. همچنین از دیگر نتایج این پژوهش‌ها دقت قابل قبول همه روش‌های آشکارسازی برای مناطق بدون تغییر است که با پژوهش حاضر نیز همسو است. نتایج خسرویان و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که تغییرات کاربری اراضی مهم‌ترین عامل تهدید کننده منابع تغذیه کننده تالاب‌ها است که می‌تواند سطح آب این زیست‌بوم‌ها را دچار نوسان نماید. همچنین در تمامی پژوهش‌های پیشین و

پژوهش حاضر مبنای انتخاب مناسب‌ترین روش آشکارسازی تغییرات، دانش تحلیل گر، مهارت در زمینه داده‌های سنجش از دور و منطقه مورد مطالعه بوده است. بررسی همزمان تغییرات پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب‌ها در پژوهش حاضر نشان داده است تبدیل مراتع و اراضی بایر به زمین‌های کشاورزی در نزدیکی تالاب‌ها هم اکنون مهم‌ترین تهدید تالاب‌های مورد مطالعه است و از آنجایی که هرگونه تغییری در وضعیت بهره‌برداری از منابع تغذیه کننده تالاب‌ها، شرایط آن‌ها را با چالش جدی مواجه می‌سازد، لازم است تا به منظور حفظ عملکردهای اکوسیستمی تالاب، برنامه‌های حفاظتی تدوین شده و این برنامه‌ها با طرح‌های توسعه ملی و پایدار تالاب‌ها تلفیق شوند. اصلاح و بهینه‌سازی الگوی کشت، انتخاب ارقام زراعی متناسب با شرایط آب و هوایی، نظارت متداوم دستگاه‌های ذریبط در کنار بررسی سالیانه تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در راستای پایش تغییرات زمانی و کنترل اثرات سوء این تغییرات بر شرایط طبیعی تالاب‌ها می‌توانند گام‌های موثری در راستای کنترل شرایط نابسامان تالاب‌های مذکور و ارتقا عملکرد اکوسیستمی آن‌ها باشند.

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی اطراف سه تالاب چغاخور، سولگان غربی و سولگان شرقی در شهرستان بروجن استان چهارمحال و بختیاری، از سه تصویر ماهواره لندست ۵ و لندست ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ استفاده شده است و سه روش آشکارسازی تغییرات تفاضل تصویر، تفاضل پوشش گیاهی و تسلدکپ مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. سپس دقت روش‌های مذکور از طریق طبقه‌بندی تصاویر به روش حداکثر احتمال و تعیین آستانه تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است روش تسلدکپ با دقت کل و ضریب کاپا به ترتیب ۸۸/۳۴ و ۰/۸۳ نسبت به دو روش دیگر (دقت کل و ضریب کاپا روش تفاضل تصویر برابر ۸۳/۵۷ و ۰/۷۵ و روش تفاضل پوشش گیاهی برابر ۷۰ و ۰/۶۵) توانسته است تغییرات را به خوبی آشکارسازی نماید. بر اساس آستانه تعیین شده، تغییرات افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی، باغات و کشت دیم بوده‌اند و همزمان تغییرات کاهش‌ی مربوط به اراضی مرتعی هستند که به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. علل اصلی افزایش اراضی کشاورزی و باغات در منطقه مورد مطالعه دسترسی ساده به منابع آب، بالا بودن سطح آب زیر زمینی، حفر تعداد زیادی چاه مجاز و غیر مجاز و عدم نظارت بر برداشت آب است که این روند همچنان نیز در حال توسعه است. بر اساس نتایج حاصل پیشنهاد می‌شود به منظور پایش تغییرات سالیانه کاربری اراضی در حاشیه و بستر تالاب‌ها به عنوان یکی از سرمایه‌های محیط‌زیستی، از روش‌های سنجش از دور و فرآیندهای آشکارسازی تغییرات استفاده شود تا میزان بهره‌برداری از منابع تغذیه کننده تالاب‌ها (سطحی و زیرسطحی) توسط سازمان‌های ذریبط کنترل شود.

## منابع

- جهانی شکیب، ف.، ملک محمدی، ب.، یآوری، ا.، شریفی، ی. و عادل، ف. ۱۳۹۳. ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تاکید بر آثار زیست‌محیطی. مجله محیط‌شناسی، ۳: ۶۴۳-۶۴۱.
- خسروی، م.، انتظاری، ع.، رحمانی، ا. و باعقیده، م. ۱۳۹۶. پایش تغییرات سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور. مجله هیدروژئومورفولوژی، ۱۳: ۹۹-۱۲۰.
- فاطمی، س.ب. رضایی، ی. ۱۳۹۶. مبانی سنجش از دور. جلد اول، انتشارات آزاده، چاپ چهارم، تهران، ۳۵۰ صفحه.
- رهنما، م. ر.، اجزا شکوهی، م. و عطا، ب. ۱۳۹۵. آشکارسازی تغییرات کاربری پوشش اراضی شهر گنبد کاووس با استفاده از سنجش از دور. فصلنامه علمی پژوهشی اطاعات جغرافیایی، ۱۰۳: ۱۶۰-۱۴۷.
- فتحی‌زاده، ح.، آرخی، ص. و تازه، م. ۱۳۹۲. بررسی روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. دو فصلنامه علمی - پژوهشی خشک بوم، ۱: ۶۸-۵۶.
- محمدیاری، ف.، پورخباز، ه.، توکلی، م. و اقدر، ح. ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطاعات جغرافیایی. فصلنامه علمی پژوهشی اطاعات جغرافیایی، ۹۲: ۳۴-۲۳.
- موسوی، س. ح.، رنجبر، ا. و حاصلی، م. ۱۳۹۴. پایش و روندیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه علمی پژوهشی اطاعات جغرافیایی، ۹۷: ۱۴۶-۱۲۹.
- Ali Baig, M., Zhang, L., Shuai, T. and Tong, Q. 2014.** Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at- satellite reflectance. Remote Sensing Letters, 5 (5): 423-431.
- Aslan, A., Rahman, A., Warren, A. and Robeson, S. 2016.** Mapping spatial distribution and biomass of coastal wetland vegetation in Indonesian Papua by combining active and passive remotely sensed data. Remote Sensing of Environment Journal, 183 (3): 65- 81.
- Chen, C., Fu, J., Zhang, Sh. and Zhao, X. 2019.** Coastline information extraction based on the tasseled cap transformation of Landsat-8 OLI images. Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal, 217 (1): 281- 291.
- Correa, Y., Bovolo, F. and Bruzzone, L. 2018.** An approach for unsupervised change detection in multitemporal VHR images acquired by different multispectral sensors. Remote Sensing Researches, 10 (4): 18-29.
- Hayashi, M., Kamp, G. and Rosenberry, D. 2016.** Hydrology of Prairie Wetlands: understanding the integrated surface-water and groundwater processes. Wetland Journal, 36 (2): 237- 254.

---

**Janse, J., Dam, A., Hes, E., Klein, J., Finlayson, C., Janssen, A. and Verhoeven, J. 2019.** Towards a global model for wetlands ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability Journal*, 36 (1): 11-19.

**Jin, S., Yang, L., Zhu, Z. and Homer, C. 2017.** A land cover change detection and classification protocol for updating Alaska NLCD 2001 to 2011. *Remote Sensing of Environment Journal*, 195 (2): 44-55.

**Lauren, L., Tiffany, M. and Barros, A. 2015.** Rainfall variability, wetland persistence, and water-carbon cycle coupling in the Upper Zambezi river basin in Southern Africa. *Journal of Remote Sensing*, 10 (4): 1-26.

**Mitsch, W. and Gosselink, J. 2000.** The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics Research*, 35 (2): 25- 33.

## Evaluation of vegetation and waterbody changes detection methods in choghakhor and solegan wetlands

S. O. Mir Mohammad Sadeghi<sup>\*1</sup>, M. Nabavian Pour<sup>2</sup>, S. Yazdani<sup>3</sup> and Sh. Mohammadifard<sup>4</sup>

1) Graduate Master of Irrigation and Drainage, University of Shahr-e Kord, Shahr-e Kord, Iran.

2) Ph.D. Student in Water Resource Management, Isfahan University, Isfahan, Iran.

3) River and Wetlands Engineering, Chaharmahal and Bakhtiari Water Authority, Shahr- e Kord, Iran.

4) Graduate Master of Water Resource Management, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

**\*Correspondence Author: Osadeghi10@gmail.com**

**Received Date: 2018.06.17**

**Accepted Date: 2020.03.05**

### Abstract

Wetlands are one of the most important environmental resources that knowledge of their changes plays a crucial role in their management. Among concerns about environmental and ecosystem changes of wetlands, issues of land use and vegetation change over time have become increasingly important. Thus, remote sensing methods are powerful tools to evaluate that accuracy of land use change monitoring at a wide range of surfaces and reveal variation. In order to detect changes in Choghakhor, western Solegan and eastern Solegan wetlands, three Landsat satellite images were selected for the years 2002, 2015, and 2018, and the Image Differencing, Vegetation Differencing and Tasseled Cap Methods have been implemented on Landsat satellite images. Then, the accuracy of these methods is evaluated by classifying images through maximum probability method and determining the threshold of changes. The results showed that the Tasseled Cap method with total accuracy and kappa coefficient of 88.34 and 0.83, respectively, was able to reveal the changes better than the other two methods. Based on the threshold, incremental changes have been made for agricultural lands, gardens and dryland farming, which increased only 23.66% between 2002 and 2015, but increased 42.8% from 2015 to 2018 and at the same time, declining changes are related to 66% of rangeland that have become agricultural lands during 2002 to 2018.

**Keywords:** Vegetation, Choghakhor Wetland, Tasseled Cap, Land Use Change and Remote Sensing.