

## پایش تغییرات وسعت پهنه‌های آب سطحی دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص های سنجش از دور

بهروز سعدین<sup>۱\*</sup> و محمد ابراهیم عفیفی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

### چکیده

منابع آبی یکی از مهم‌ترین مولفه‌های حیات سرزمین و توسعه پایدار به شمار می‌روند. در پژوهش حاضر، بررسی تغییرات سری زمانی مساحت پهنه‌های آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس، به کمک داده‌های بازتابش سطحی ماهواره لندست ۸ از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ مدنظر قرار گرفت و شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی بر تصاویر مورد نظر اعمال و سپس روند تغییرات مساحتی پهنه‌های آبی برآورد شد. کلیه فرایندهای مزبور و تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار Google Earth Engine انجام شد روش کار به منظور بررسی ارتباط همبستگی بین وسعت پهنه های آبی با میزان بارندگی در حوزه آبخیزاز تولیدات بارندگی ماهانه از روش سنجش از دور ماهواره TRMN-3B43V7 استفاده شده یافته‌های پژوهش نشان داد که وسعت پهنه آبی دریاچه فصلی نمک استان فارس براساس شاخص MNDWI حدود ۱۴۲۶ کیلومترمربع و بر اساس شاخص استخراج آب خودکار (AWEI)، ۱۵۱۲ کیلومترمربع و بر اساس شاخص نسبت جذب آب (WRI) ۱۶۱۰ کیلومترمربع تخمین زده شده است. از سوی دیگر، تحلیل تولیدات آب سطحی تصاویر لندست نشان داد که بیشترین میزان تغییرات مربوط به پهنه‌های آبی فصلی موقت و فصلی جدید بوده است، به طوری که تغییرات پهنه‌های فصلی موقت مساحتی ۱۱۴۵ کیلومترمربع و پهنه‌های فصلی جدید سطحی ۳۵۵ کیلومترمربع را در فاصله ۱۳۹۲-۱۳۹۸ به خود اختصاص داده است. آبگیری پلایای دریاچه نمک استان فارس به وقوع سیلاب‌های فصلی و افزایش بارندگی‌ها در حوزه آبخیز ارتباط دارد، به طوری که همبستگی بالایی ( $R^2=0/۸۹$ ) میان بارندگی سالانه حوزه آبخیز و افزایش وسعت پهنه‌های آبی حاصل از شاخص MNDWI مشاهده شده است.

**کلمات کلیدی:** پلایا، پهنه‌های آبی، دریاچه نمک، MNDWI، سنجش از دور.

۱ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

۲ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## مقدمه

منابع آبی از مهم‌ترین مولفه‌های حیات سرزمین و توسعه پایدار به شمار می‌روند. به طوری که خشکیدگی این منابع آبی مشکلاتی مانند: فقر، مهاجرت، گرد و غبار و کاهش امنیت غذایی را در پی دارد. (۱۱) با توجه به اهمیت موضوع، حفظ و شناسایی منابع آبی از مهم‌ترین مسائل جهانی قلمداد می‌شود (۳). از سوی دیگر، توسعه استفاده از ماهواره‌ها، دسترسی سریع به اطلاعات زمینی را امکانپذیر نموده است که امکان آشکارسازی تغییرات را مهیا نموده است (۴). در این خصوص، روش‌های آستانه<sup>۱</sup>، روش رابطه بین طیفی<sup>۲</sup>، حالت نمایی<sup>۳</sup> و درخت تصمیم<sup>۴</sup> به تدریج توسعه یافته‌اند و استفاده از روش‌های تک باندی و چندباندی مبتنی بر بازتابش سطح زمین به منظور استخراج اطلاعات آبی مورد توجه قرار گرفتند (۱۸). بدیهی است که شناسایی به موقع و دقیق تغییرات ایجاد شده منجر به تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت آنها خواهد شد (۴).

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در پایش تغییرات پهنه‌های آبی انجام شده است که از آن جمله: شن و همکاران (۲۰۱۰)<sup>۵</sup> در بررسی تغییرات تراز آبی دریاچه هامون با استفاده از تصاویر لندست، با مقایسه عرصه‌های آبگیری شده در دو مقطع زمانی ۱۳۵۵ و ۱۳۸۴، کاهش مساحت دریاچه به ۳۵۷ کیلومتر مربع را گزارش نمودند (۲۷). تانگ و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۶</sup> در مطالعات دورسنجی خود، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) را بیان نمود که خطای زمینی را در استخراج نواحی آبی کاهش داده است (۲۸). الاسمار و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۷</sup> در بررسی تغییرات آب سطحی دریاچه بورولوس<sup>۸</sup> مصر با استفاده از شاخص‌های NDWI و MNDWI نشان دادند که ۴۲/۸ درصد از آب دریاچه به سبب فعالیت‌های انسانی طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ از بین رفته است که عموماً ناشی از تجاوز به حریم جنوبی رودخانه با اهداف کشاورزی و تخلیه پسماندهای کشاورزی بوده است (۱۴).

جواک و لوئیس (۲۰۱۵)<sup>۹</sup> در تحقیقات خود بر روی استخراج سریع ویژگی‌های منابع آب در واحه‌های ساحلی قطب جنوب به کمک داده‌های با وضوح بالای ماهواره‌ای پرداختند و بیان داشتند که استفاده از شاخص NDWI اصلاح شده به کمک داده‌های باند ۸ ماهواره World View-2 به طور قابل توجهی در بهبود استخراج ویژگی‌های منابع آب این نواحی و درک بهتر تغییرات اقلیمی راهگشا است (۲۱). گوتم و همکاران (۲۰۱۵)<sup>۱۰</sup> با بررسی تغییرات پهنه‌های آبی بنگلور هند در دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ با استفاده از شاخص‌های WRI، NDWI، MNDWI، طبقه‌بندی نظارت شده و تبدیل K-T، اظهار داشتند که منابع آب سطحی در طول ۱۲ سال، کاهش چشمگیری را نشان داده است. همچنین

<sup>1</sup> -Threshold method

<sup>2</sup> -Inter-spectral relationship method

<sup>3</sup> -Exponential mode

<sup>4</sup> -Decision tree

<sup>5</sup> Shen et al

<sup>6</sup> Tang et al

<sup>7</sup> Alsmar et al

<sup>8</sup> - Burullus

<sup>9</sup> Joak and Lewis

<sup>10</sup> Gautam et al

از لحاظ بهره‌وری الگوریتم تشخیص آب، عملکرد روش طبقه‌بندی نظارت شده و شاخص WRI با شاخص MNDWI از تطابق بالاتری برخوردار بوده است (۱۷).

عبادی و گلزار (۱۳۹۵) تغییرات مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی دریاچه پریشان را از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که مساحت آبی دریاچه، کاهش تدریجی را داشته است و اشغال بستر توسط گیاهان افزایش داشته است (۸). همچنین فیشر و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۱</sup> در تحقیقات خود با استفاده از اطلاعات پنج باند طیفی ماهواره لندست به ارائه شاخص WI پرداختند که قابلیت جداسازی آب‌های سطحی از سایر عوارض زمینی را دارد (۱۶). در همین ارتباط، حسین و نجم (۲۰۱۶)<sup>۲</sup> با استفاده از روش طبقه‌بندی به استخراج سطح آب دریاچه بورولوس<sup>۳</sup> از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ پرداختند و کاهش ۴۴/۹۷ درصدی را گزارش نمودند، در حالی که پوشش گیاهی افزایش متفاوتی را نشان داده بود که به دلیل تخلیه زباله‌های کشاورزی و پسماندهای شهری در دریاچه، بدون تصفیه مناسب، بوده است (۱۹).

در پژوهشی دیگر، خسرویان و همکاران (۲۰۱۷) کارایی بالای شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI<sup>۴</sup>) را در پایش تغییرات سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره لندست در دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴- گزارش نمودند (۳). ماسوچا و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در زمبابوه، موفقیت شاخص MNDWI را در استخراج سطوح آبی سطح زمین نشان دادند (۲۴).

زارعی و امامی (۲۰۱۸) در بررسی تغییرات زمانی مکانی دوره تثبیت سطح آب دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ و به کمک تصاویر ماهواره لندست و ضمن استفاده از چهار شاخص نسبت آب (WRI)، شاخص اتوماتیک استخراج آب (AWEI)، شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) اظهار داشتند که کاهش محسوس (۷۸ درصد) سطح آب دریاچه ارومیه در بازه ۲۰۱۴-۲۰۰۲ نسبت به سال ۲۰۰۲ رخ داده است و از ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ با افزایش ۳۳/۵۷ درصدی، به دوره تثبیت نسبی رسیده است (۴). ستوده پور و همکاران (۲۰۱۹) در مقایسه شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل A2 در سواحل بوشهر نشان دادند که برای تصاویر لندست، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص دریاچه، تالاب نرمال شده (NDPI) بهترین عملکرد را داشته‌اند. همچنین برای تصاویر سنتینل A2 نیز شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) دارای بهترین نتیجه بوده‌اند (۵).

باکر و الکاوی (۲۰۲۰)<sup>۵</sup> در تحقیقات خود در اکوسیستم‌های خشک، به کمک شاخص MNDWI بیان داشتند که وسعت آب‌های سطحی در دریاچه مصنوعی نوبریای غربی<sup>۶</sup> از ۵۹۳ تا ۸۸۳ هکتار طی

<sup>1</sup> Fisher et al

<sup>2</sup> Hossein and Najm

<sup>3</sup> - Burullus

<sup>4</sup> - Normalized Difference Water Index

<sup>5</sup> Bakr and Alkawi

<sup>6</sup> - West Nubaria

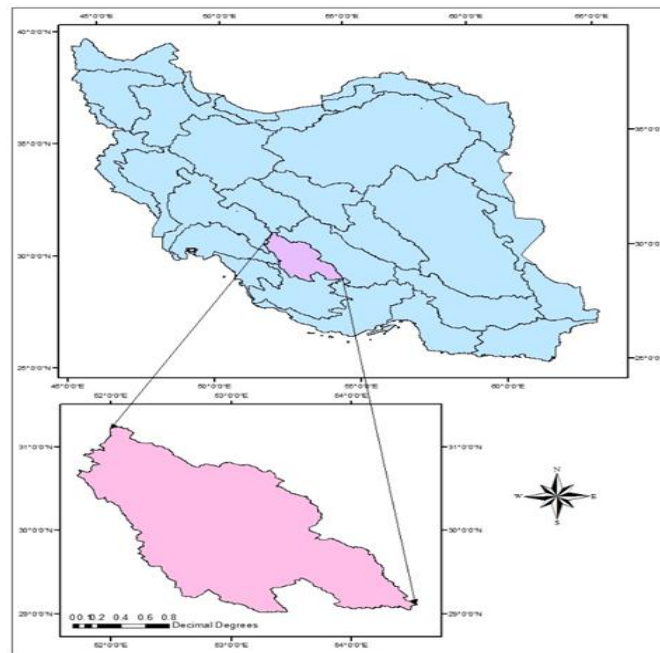
سال‌های ۲۰۱۳ لغایت ۲۰۱۷ تغییر نموده است(۱۱). در پژوهشی دیگر، اصغری سراسکانرود و همکاران(۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر لندست به بررسی شاخص‌های استخراج آب در رودخانه گاماسیاب کرمانشاه پرداختند و اظهار داشتند که شاخص AWEI با صحت کلی ۹۹/۰۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۸ بهترین عملکرد را نشان داده است (۲).

جمع بندی سوابق تحقیق، نشان دهنده اهمیت پایش منابع آب سطحی و لزوم توجه به استفاده از فناوری سنجش از دور به منظور درک بهتر تغییرات پهنه‌های آبی است(۳۲) بدین منظور، ارائه و استفاده از شاخص‌هایی به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی از تصاویر ماهواره‌ای، مورد توجه بسیاری از محققین حوزه منابع آب قرار گرفته است که از دقت و اعتبار کافی برخوردارند. از این رو، در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات سری‌های زمانی پهنه‌ی آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس در جنوب با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداخته شده است، تا از این طریق نسبت به برآورد سطح وسعت تغییرات منابع آب سطحی دست یابیم(۱۱). شایان ذکر است که با توجه به عدم انجام تحقیقات کافی در خصوص تغییرات پهنه‌های آبی در دریاچه نمک استان فارس، این پژوهش در نوع خود برای اولین بار انجام شده است.

## مواد و روش ها

### معرفی منطقه مورد مطالعه

دریاچه نمک- بختگان در شمال استان فارس و در دامنه‌های شرقی بخش جنوبی رشته کوه‌های زاگرس بین مختصات جغرافیایی "۴۵ ۵۱<sup>۰</sup> تا "۳۰ ۵۴<sup>۰</sup> طول شرقی و "۳۵ ۲۹<sup>۰</sup> تا "۱۵ ۳۱<sup>۰</sup> عرض شمالی واقع شده و مساحت آن ۳۲۲۷۱ کیلومترمربع می باشد که نیمی از آن یعنی حدود ۵۰ درصد را مناطق کوهستانی، ۴۵ درصد را کوهپایه و دشت و ۵ درصد را دریاچه ها تشکیل می‌دهند(۱۲). بخش عمده دشتهای این حوزه آبخیز بین سد درودزن و دریاچه بختگان قرار گرفته است. از نظر تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، حوزه آبخیز دریاچه‌های بختگان و مهارلو بخشی از آبخیز مرکزی بوده و به حوزه آبخیز مرداب گاوخونی و کویرهای ابرکوه و هرات از شمال و کویر قطروئیه از شرق، حوزه آبخیز رودخانه‌های کل و مند از جنوب و بلاخره حوزه آبخیز زهره و کارون از غرب محدود می باشد. شهرهای شیراز، مرودشت، استهبان، نیریز، سروستان، ارسنجان، سیوند و سده در این حوزه آبخیز قرار دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### روش تحقیق

در این پژوهش، ابتدا تغییرات سری زمانی مساحت تالاب دریاچه نمک استان فارس، به کمک داده‌های بازتاب سطحی ماهواره لندست ۸ از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. این داده‌ها از وضوح مکانی ۳۰ متر و دوره زمانی ۱۶ روزه برخوردار بوده و فرایند تصحیح اتمسفری به طور اتوماتیک بر آنها اعمال شده است<sup>۱</sup> (USGS). در این خصوص، ۱۳۳ تصویر در دوره زمانی مورد مطالعه، موجود بود که پس از اعمال فیلتر حذف ابر، ۱۱۷ تصویر با پوشش ابری کمتر از ۱۵ درصد انتخاب شدند. سپس، شاخص MNDWI به منظور جدا کردن پهنه‌های آبی بر تصاویر موردنظر اعمال شد و نواحی پوشیده از آب با ابزار ماسک کردن جدا گردید و در نهایت روند تغییرات مساحتی پهنه‌های آبی تخمین زده شد (۱۳)

شاخص اختلاف آب نرمال شده اصلاح شده (MNDWI) از شاخص‌های مناسب جهت نقشه‌برداری منابع آب می‌باشد (۲۲). از آنجا که آب در محدوده مرئی تا مادون قرمز قابلیت جذب بالا و تابش پایین طیف الکترومغناطیس را از خود نشان می‌دهد، لذا با در نظر گرفتن باندهای سبز و مادون قرمز، اطلاعات موثری از منابع آب را می‌توان برآورد نمود. این شاخص، اصلاح شده شاخص NDWI (مک فیتزرز، ۱۹۹۶) است که به منظور بررسی منابع آب، از کاربرد فراوانی در بین محققین دورسنجی برخوردار بوده که طبق رابطه ۱ به دست می‌آید:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1} \quad (\text{رابطه ۱})$$

1 - Source: EC JRC/Google'

که در آن، Green: باند سبز، و SWIR1: باند مادون قرمز موج کوتاه است. باندهای مزبور در لندست ۸ به ترتیب معادل باندهای ۳ و ۶ در نظر گرفته شده‌اند. مقادیر مثبت این شاخص بیانگر نواحی پوشیده از آب است.

شاخص خودکار استخراج آب<sup>۱</sup> AWEI نیز به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مورد استفاده در استخراج سطوح آبی قابلیت بالایی را نشان داده است (۱۵) که در این پژوهش مد نظر قرار گرفت. این شاخص با رابطه ۲ معرفی شده است:

$$\text{AWEInsh} = 4 \times (B3 - \text{SWIR1}) - (0.25 \times \text{NIR} + 2.75 \times \text{SWIR2}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن B3 باند سبز بوده، NIR: مادون قرمز نزدیک و SWIR بیانگر مادون قرمز موج کوتاه می‌باشد.

همچنین، شاخص نسبت آب (WRI<sup>۲</sup>) نیز به عنوان یکی دیگر از مهم‌ترین شاخص‌های به کار رفته جهت بارزسازی نواحی مرطوب به شمار می‌رود که مطابق با رابطه (۳) تعریف شده است که در آن مقادیر بالاتر از ۱ عموماً نشان دهنده نواحی پوشیده از آب می‌باشند

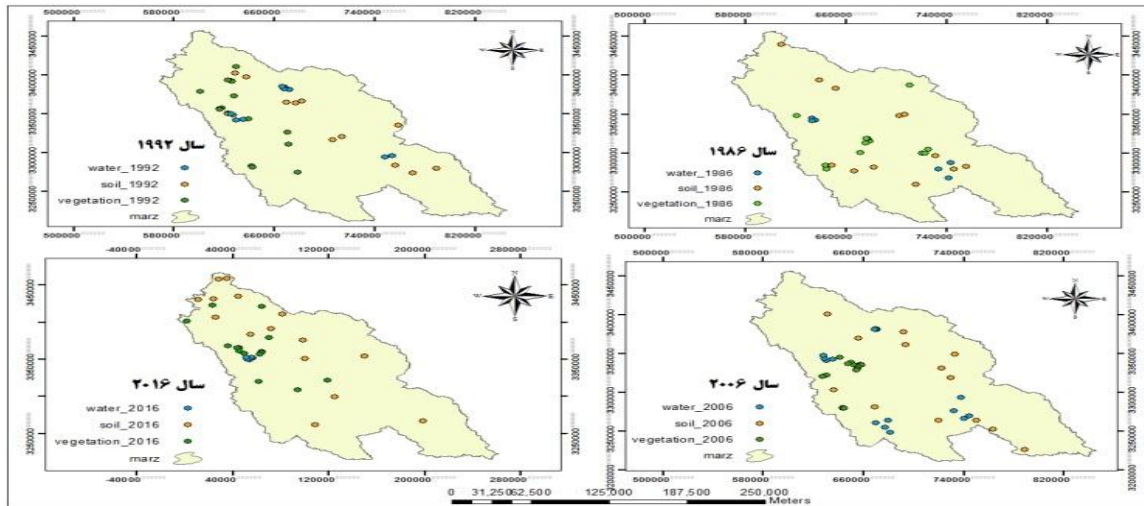
$$\text{WRI} = (\text{Green} + \text{red}) / (\text{NIR} + \text{MIR}) \quad (\text{رابطه ۳})$$

باتوجه به اینکه محدوده جغرافیایی پلایای دریاچه نمک استان فارس در سطر ۴۱ و گذر ۱۵۸ واقع شده است، لذا کلیه عملیات‌ها بر این مشخصه تصویر اعمال گردید (جدول ۱) و شاخص‌های مزبور بر تصویر انتخابی سال ۲۰۱۷ که بیشترین میزان تغییرات پهنه آبی در آن مشهود بوده است، اعمال شدند.

همچنین به منظور بررسی ارتباط همبستگی بین وسعت پهنه‌های آبی با میزان بارندگی در حوزه آبخیز از تولیدات بارندگی ماهانه از روش سنجش از دور و سنجه ماهواره TRMM-3B43V7، استفاده شد (۲۰). TRMM اولین ماهواره هواشناسی به منظور اندازه‌گیری کمی بارندگی‌های نواحی حاره و نیمه حاره‌ای قلمداد شده است (۱۳) که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. این نوع داده‌ها به عنوان جایگزین مناسبی در مناطق فاقد داده و به ویژه مناطقی که با محدودیت شبکه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی مواجه هستند، پیشنهاد می‌شوند. (۱۴)

<sup>۱</sup> -Automated Water Extraction Index

2 - Water Ratio Index

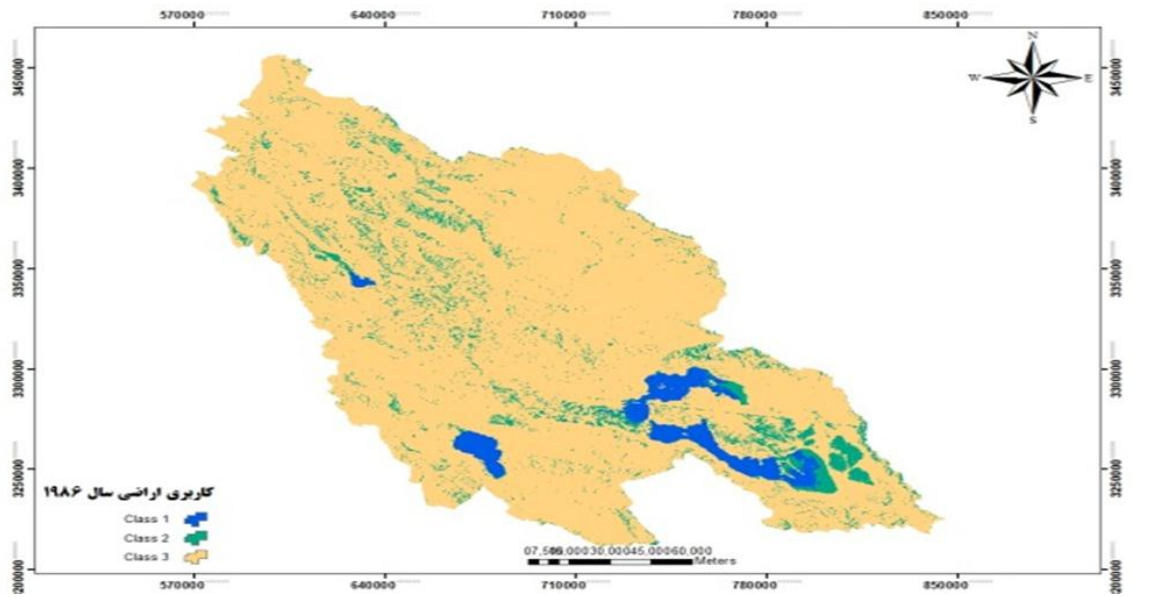


شکل ۲: نقشه مکان های موقعیت زمینی نمونه برداری مقایسه ۴ دوره متناوب

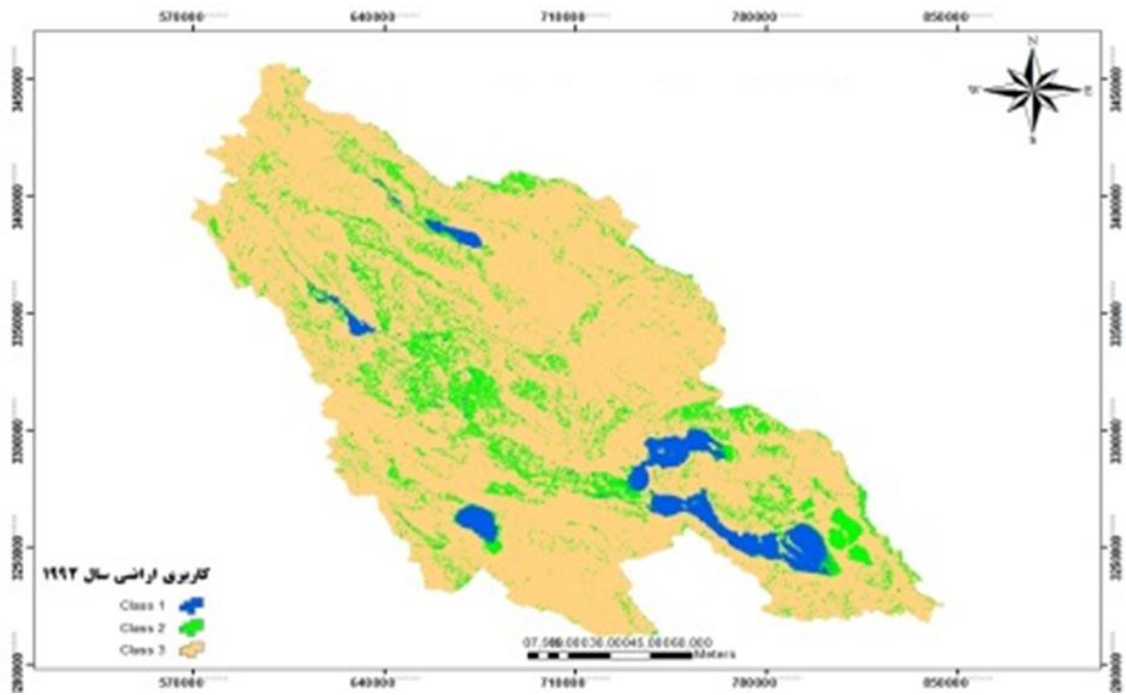
جدول ۱: مشخصات بانندی تصویر لندست مورد استفاده در پژوهش حاضر (ردیف ۴۱، گذر ۱۵۸)

سنسور/ماهواره	باند	طول موج (μm)	دقت مکانی	نام باند
	۱	۰/۰-۴۳/۴۵	۳۰	آئروسول
	۲	۰/۰-۴۵/۵۱	۳۰	آبی
	۳	۰/۰-۵۳/۵۹	۳۰	سبز
	۴	۰/۰-۶۴/۶۷	۳۰	قرمز
	۵	۰/۰-۸۵/۸۸	۳۰	مادون قرمز نزدیک (NIR)
OLI / لندست ۸	۶	۱/۱-۵۷/۶۵	۳۰	مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR1)
	۷	۲/۲-۱۱/۲۹	۳۰	مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR2)
	۸	۰/۰-۵/۶۸	۱۵	پانکروماتیک
	۹	۱/۱-۳۶/۳۸	۳۰	سیروس
	۱۰	۱۰/۱۱-۶/۱۹	۱۰۰	مادون قرمز گرمایی (TIR-1)
	۱۱	۱۱/۱۲-۵۰/۵۱	۱۰۰	مادون قرمز گرمایی (TIR-2)

در ادامه مطلب، تغییر مساحت پهنه های آبی در نقشه های شماره ۳ تا ۱۰ نمایش داده شده است.

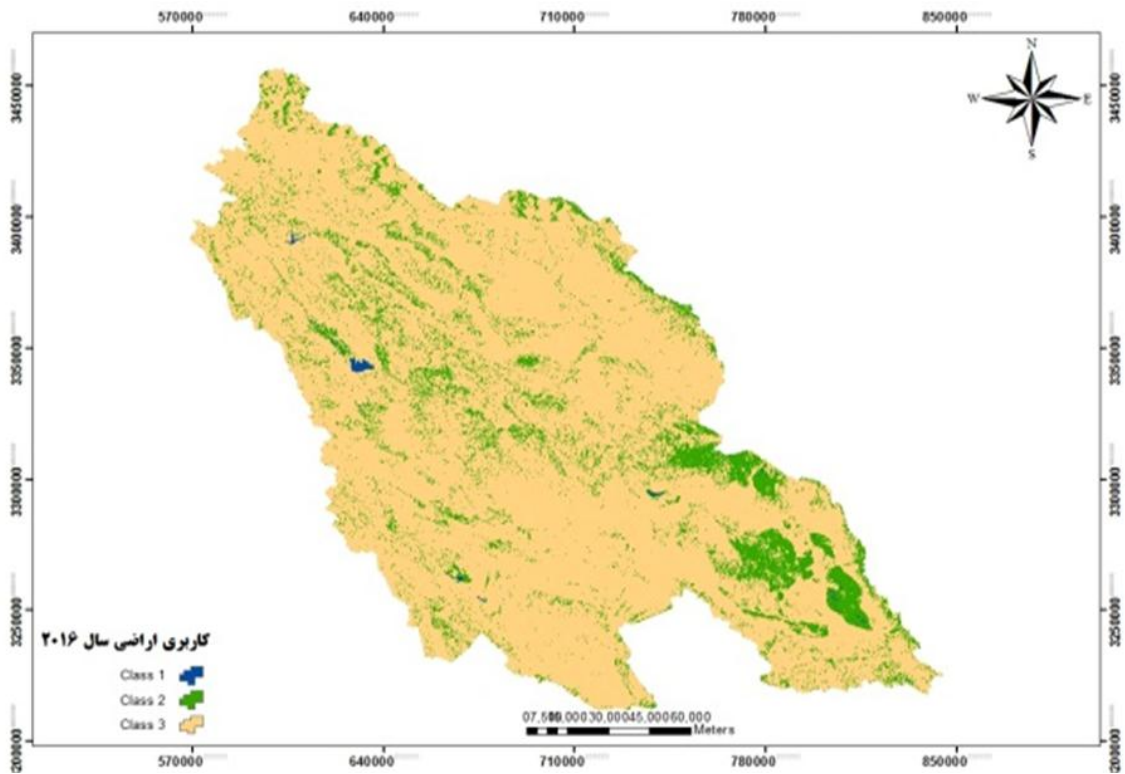


شکل ۳- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۱۹۸۶

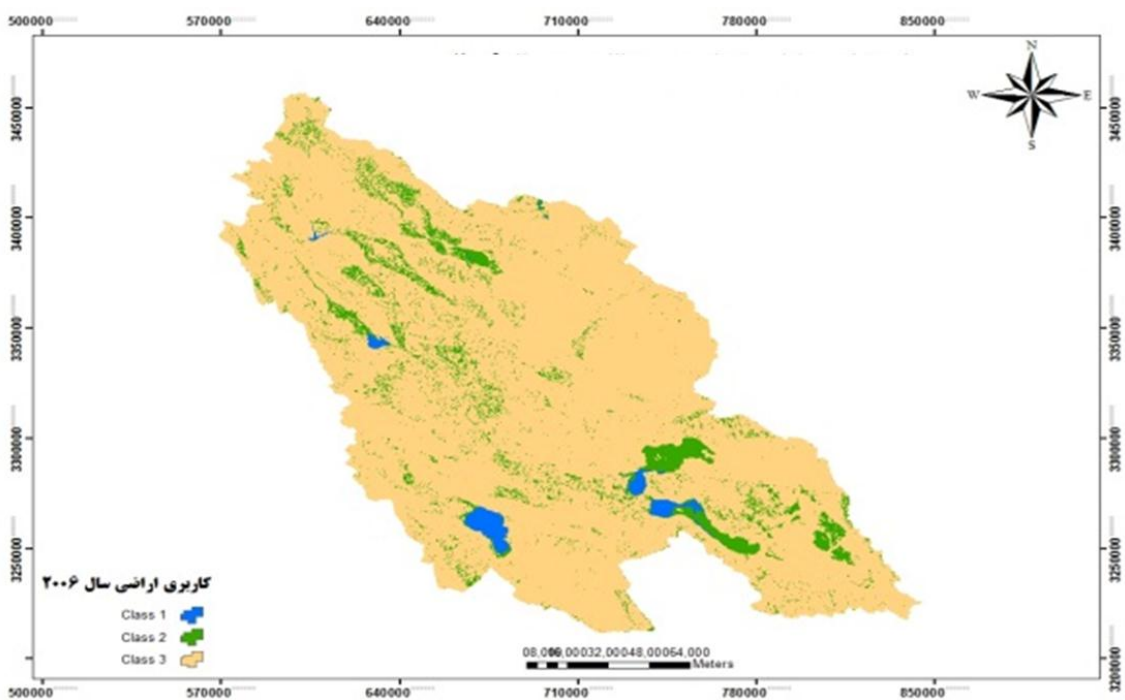


شکل ۴- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۱۹۹۲





شکل ۵- کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۲۰۰۶



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی به روش طبقه بندی نظارت نشده سال ۲۰۱۶

از سوی دیگر، تولیدات آب سطحی<sup>۲</sup> تصاویر ماهواره لندست با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و از ۱۶ مارچ ۱۹۸۴ لغایت ۱۰ اکتبر ۲۰۱۵ نیز در نظر گرفته شد<sup>۱</sup> و پایش تغییرات طی دو دوره زمانی

<sup>۱</sup> - EC JRC / Google

(۱۹۸۴- تا ۲۰۱۵) مورد آنالیز قرار گرفت، به این منظور، باند transition مورد تجزیه و تحلیل واقع شد و اطلاعات تغییرات پهنه‌های آبی، پس از تعیین محدوده مطالعاتی و با استفاده از برنامه‌نویسی در گوگل ارث انجین<sup>۱</sup> به دست آمد (۲۶).

به منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده، از نقاط کنترل زمینی حاصل از بازدید صحرایی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر گوگل ارث، استفاده شد که به‌عنوان داده‌های مرجع برای هر کاربری که به‌طور تصادفی برداشت گردیده بود، به منظور ارزیابی صحت و برآورد ماتریس خطا به‌کمک نرم‌افزار Envi 5.3 در نظر گرفته شد و صحت کلی<sup>۲</sup> و ضریب کاپا<sup>۳</sup> محاسبه شدند.

ماتریس خطای طبقه‌بندی بر اساس رابطه بین داده‌های زمینی و نتایج حاصل از طبقه‌بندی ایجاد می‌شود و متشکل از ردیف‌ها و ستون‌هایی برابر با تعداد طبقاتی است که ارزیابی صحت برای آن‌ها انجام می‌گیرد. شاخص کاپا از رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود (یوسفی و همکاران ۲۰۱۶:۱۹):

$$Kappa = \frac{P_{O-P_c}}{1-P_c} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در رابطه فوق؛ Kappa: ضریب کاپا، P<sub>O</sub> درستی مشاهده‌شده و P<sub>c</sub> توافق مورد انتظار است. در پژوهش حاضر، کلیه فرایندهای مزبور و آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط سامانه گوگل ارث انجین و همچنین نرم افزار ArcGIS ۱۰/۵ انجام شد. گوگل ارث انجین، یک ابزار قدرتمند برای استخراج اطلاعات کاربردی طیفی، رادیومتریکی و مکانی از تصاویر ماهواره‌ای است که با استفاده از یک سامانه تحت وب عمل نموده و امکان پردازش‌های طیفی را بر روی پدیده‌های مختلف سطح زمین مهیا نموده است. این سامانه به‌عنوان یک سامانه متن‌باز از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنتینل، استرا، مادیس و غیره پشتیبانی می‌نماید (۱).

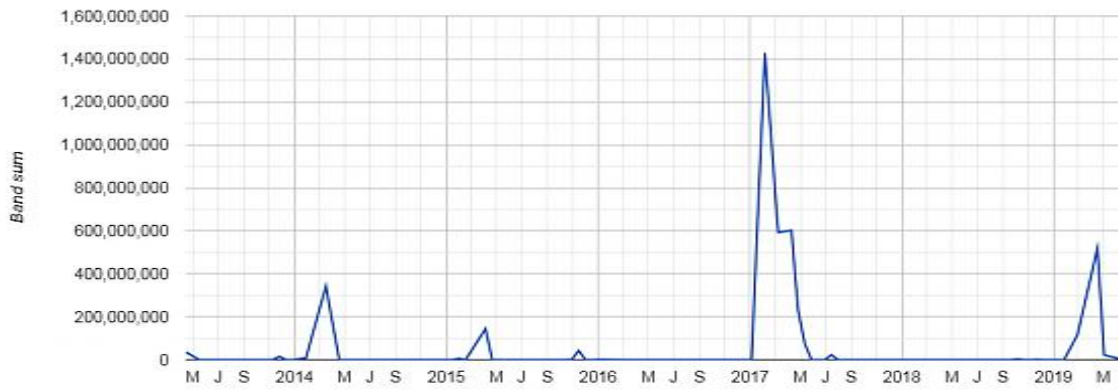
## نتایج و بحث

روند تغییرات مساحت آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس با استفاده از شاخص MNDWI، در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج تغییرات سری زمانی وسعت پهنه‌های آبی در دوره زمانی مورد نظر با استفاده از تصاویر سنجنده لندست، در تاریخ ۵ فوریه سال ۲۰۱۷، بیشترین وسعت پوشیده از آب به مساحت ۱۴۲۶ کیلومترمربع را نشان داده است. صفر شدن میزان شاخص MNDWI در بیشتر سال‌ها به دلیل خشکیدگی پلایای دریاچه نمک استان فارس بوده است که فاقد آب بوده و لذا تنها زمانی شاخص مزبور کمیتی عددی و مثبت را نشان می‌دهد که بیانگر وجود آب در منطقه و وجود یک پهنه آبی است. (۱۹)

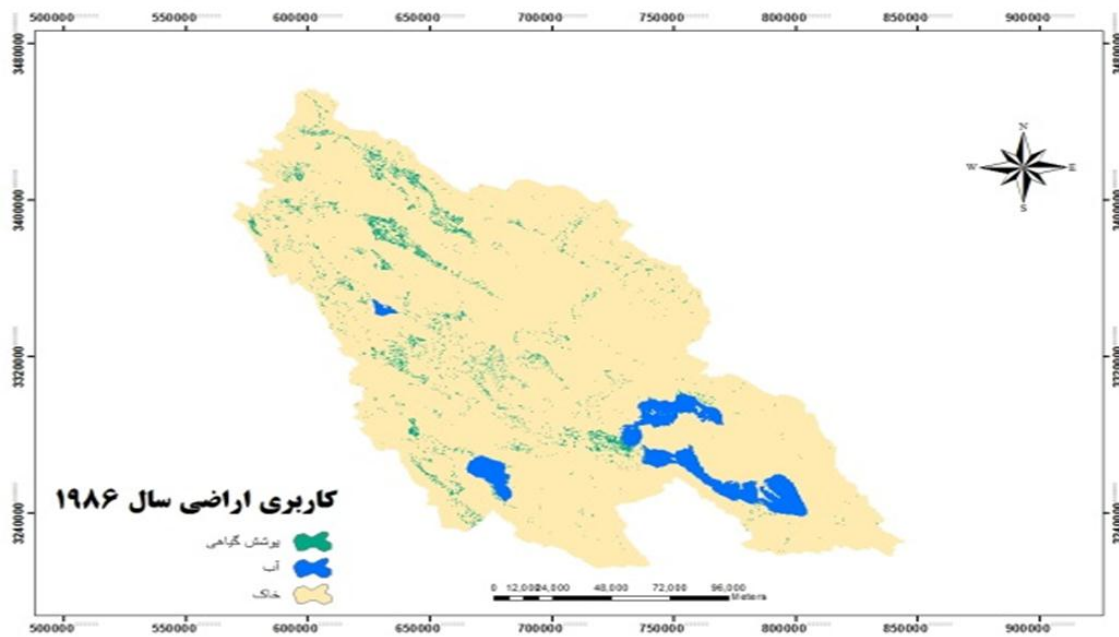
<sup>1</sup> -Google Earth Engine

<sup>2</sup> Overall accuracy

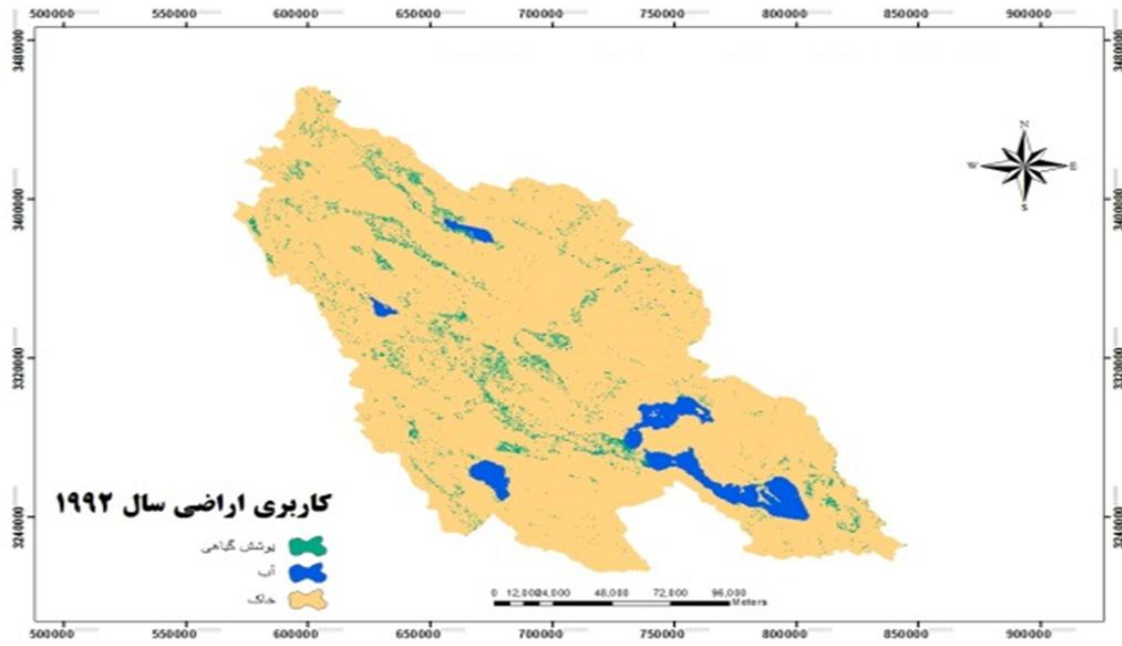
<sup>3</sup> Kappa coefficient



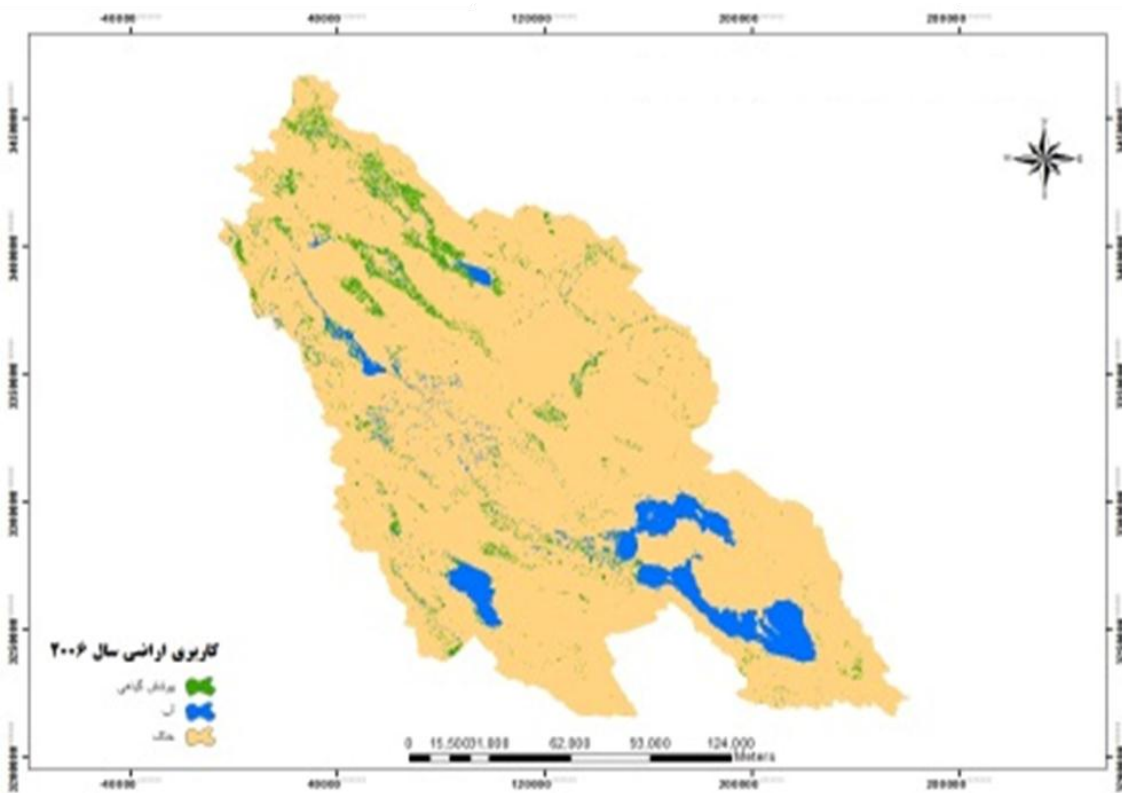
شکل ۷- تغییرات سری زمانی پهنه‌های آبی دریاچه نمک



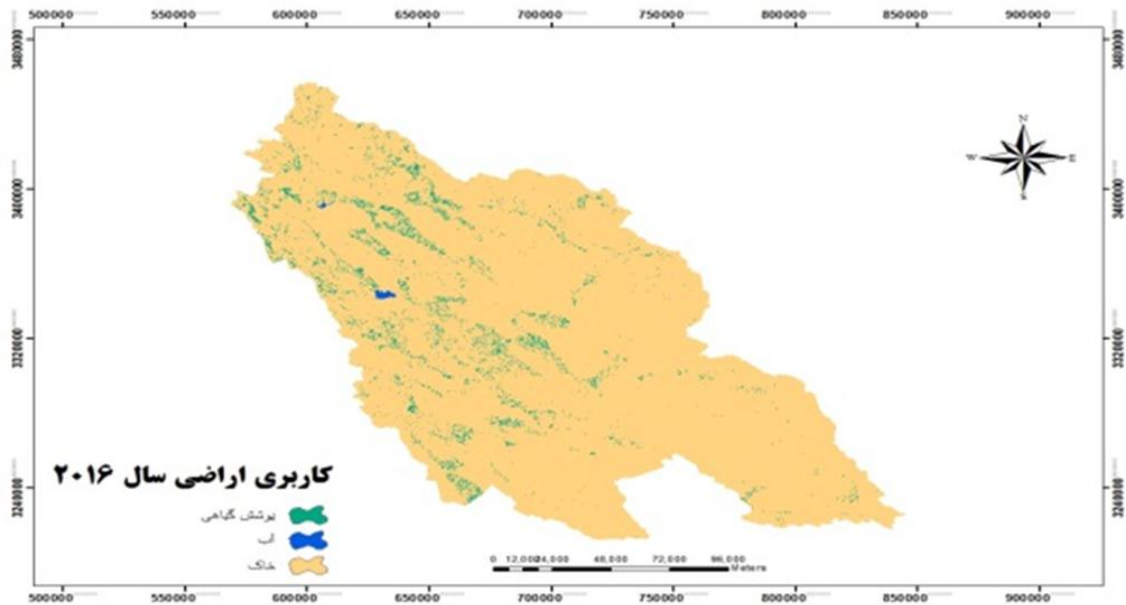
شکل ۸- کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood



شکل ۹- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood

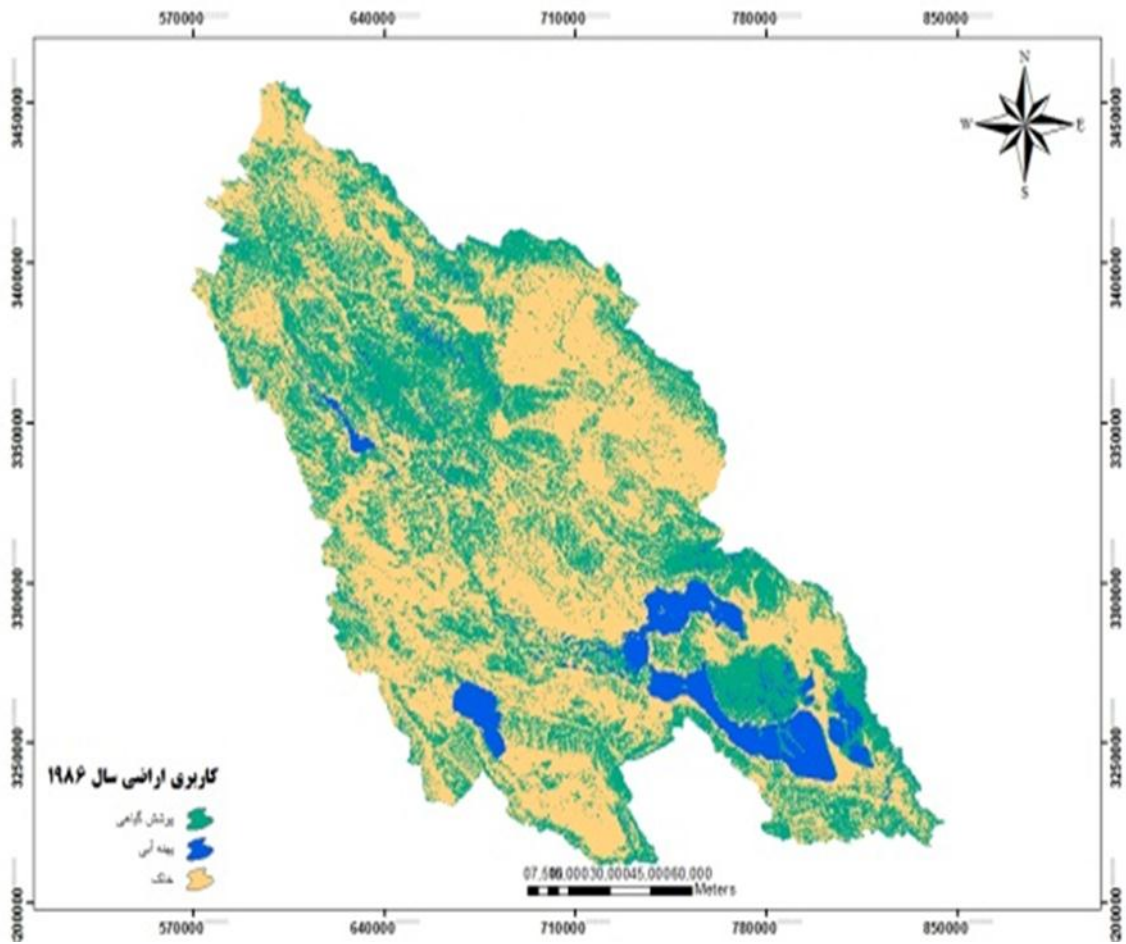


شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood



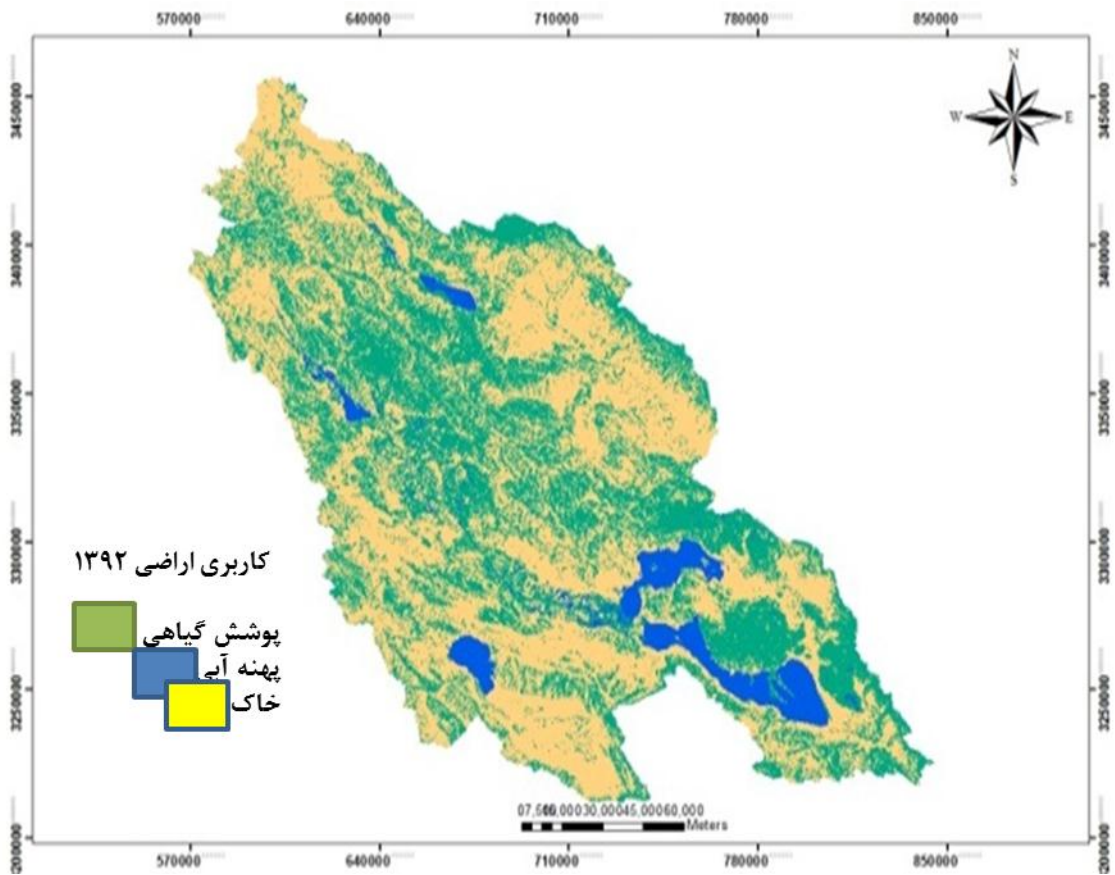
شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Maximum likelihood

بررسی سری زمانی تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص MNDWI در دریاچه دریاچه نمک استان فارس طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین، نشان داد که سطح این دریاچه عموماً در فصل زمستان و ماه‌های دی، بهمن، اسفند پوشیده از آب بوده و در سایر ماه‌ها رو به خشکی می‌رود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در دوره زمانی مورد بررسی در بهمن ۱۳۹۶ بیشترین مساحت دریاچه پوشیده از آب بوده است، از این رو، شاخص MNDWI بر تصویر ماهواره‌ای مربوط به تاریخ مزبور به طور مجزا در محیط ArcMap اعمال شد (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ به روش طبقه بندی نظارت شده *Minimum distance*

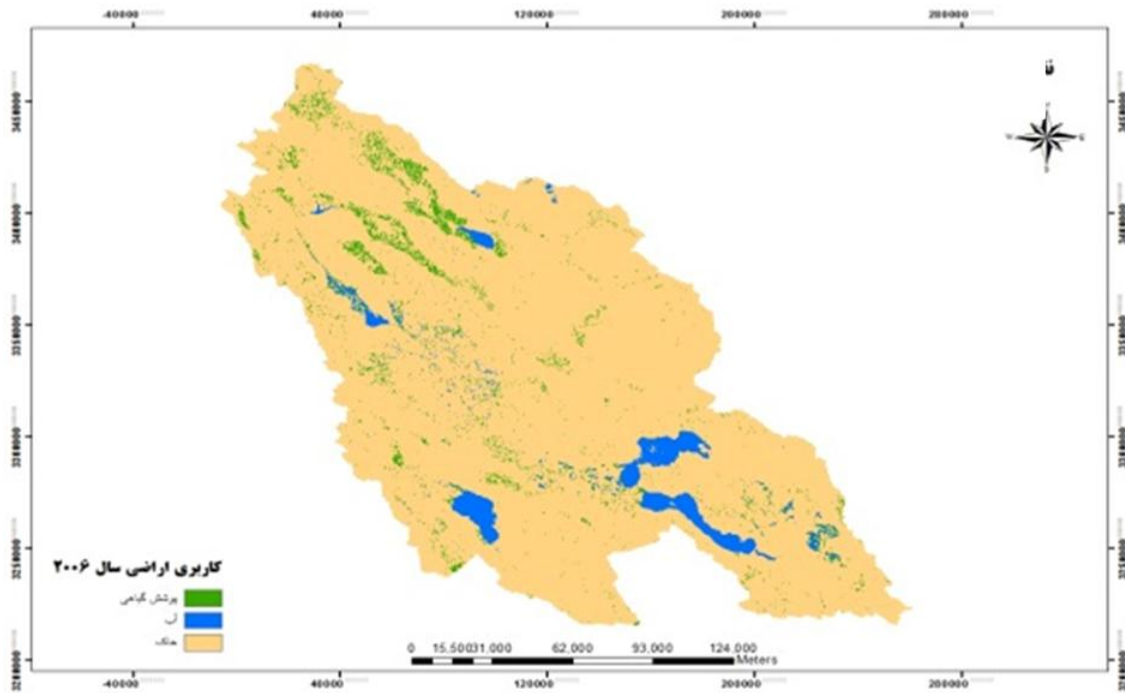
در این پژوهش از شاخص‌های غیرنرمال AWEI و WRI به منظور استخراج پهنه‌های آبی استفاده شده است. یافته‌های پژوهش بیانگر این است که بر اساس شاخص AWEI مساحت پهنه آبی دریاچه در تاریخ مزبور ۱۵۱۲ کیلومتر مربع برآورد شده است، همچنین وسعت پهنه آبی بر اساس شاخص نسبت جذب آب WRI حدود ۱۶۱۰ کیلومتر مربع تخمین زده شده است (شکل ۱۳).



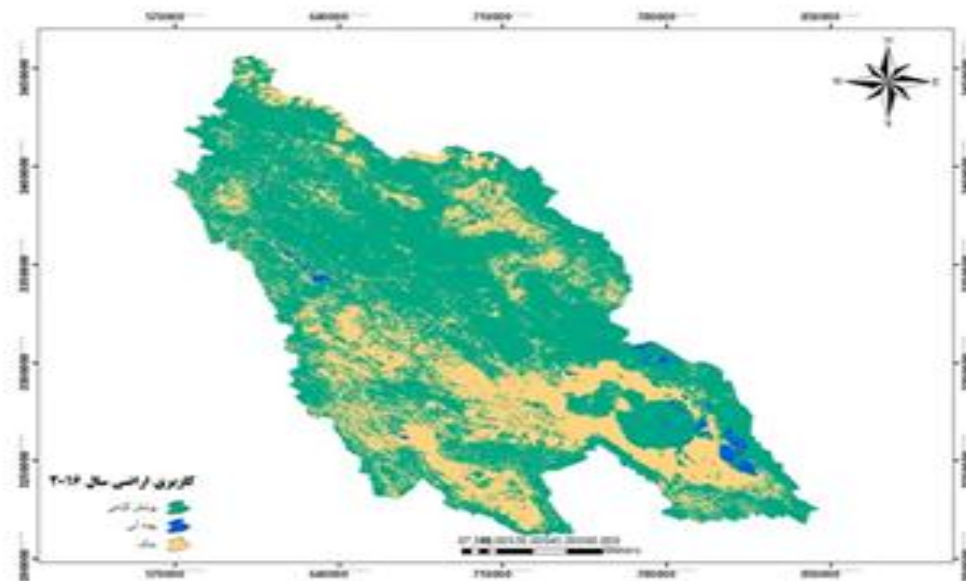
شکل ۱۳- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۲ به روش طبقه بندی نظارت شده (کمترین فاصله)

نتایج بررسی تغییرات پهنه‌های آبی حاصل از تولیدات آب سطحی ماهواره لندست<sup>۱</sup> در حوزه آبخیز دریاچه نمک استان فارس نشان داد که بیشترین میزان تغییرات سطوح آبی در مرکز آبخیز متمرکز شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، بیشترین میزان تغییرات مربوط به پهنه‌های آبی "فصلی موقت" (خاکستری روشن) و "فصلی جدید" (سبز) است، به طوری که تغییرات پهنه‌های فصلی موقت مساحتی قریب کیلومتر مربع ۱۱۴۵ و پهنه‌های فصلی جدید سطحی حدود ۳۵۵ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است و پس از آن پهنه‌های "فصلی از بین رفته" که مساحتی معادل ۱۲ کیلومتر مربع را در بر گرفته است

<sup>1</sup> -JRC Global Surface Water Mapping Layers V1/ Google



شکل ۱۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۶ به روش طبقه بندی نظارت شده Minimum distance



شکل ۱۵- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۶ تصاویر به روش طبقه بندی نظارت شده Minimum distance

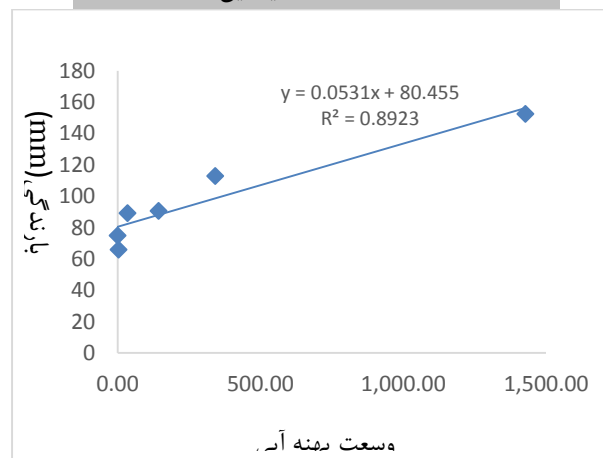
آبگیری پلایای دریاچه نمک استان فارس به وقوع سیلاب‌های فصلی و افزایش بارندگی‌ها در حوزه آبخیز ارتباط داشته و به این سبب، وسعت پهنه‌های آبی نیز متعاقباً تغییر می‌نماید. در این خصوص، همبستگی بین وسعت پهنه‌های آبی در حوزه آبخیز دریاچه نمک استان فارس و میانگین بارندگی سالانه به کمک داده‌های ماهواره‌ای TRMM-3B43V7 از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ نشان داده شده است (شکل ۸ و جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که همبستگی بالایی ( $R^2=0/۸۹$ ) بین میزان بارش‌ها



در حوزه آبخیز و افزایش وسعت پهنه‌های آبی حاصل از شاخص MNDWI وجود دارد، به طوری که با افزایش میزان بارندگی در حوزه آبخیز، وسعت پهنه‌های آبیگری شده نیز بیشتر می‌گردد.

جدول ۲- بارندگی سالانه در حوزه آبخیز دریاچه نمک از داده های ماهواره‌ی TRMM

سال	میلیمتر
۱۳۷۷	۱۷۰
۱۳۷۸	۱۳۵
۱۳۷۹	۱۰۴
۱۳۸۰	۴۸
۱۳۸۱	۹۵
۱۳۸۲	۱۰۱
۱۳۸۳	۱۰۶
۱۳۸۴	۱۵۶
۱۳۸۵	۱۱۹
۱۳۸۶	۱۷۸
۱۳۸۷	۱۶۱
۱۳۸۸	۱۹۳
۱۳۸۹	۱۳۷
۱۳۹۰	۱۸۳
۱۳۹۱	۱۰۷
۱۳۹۲	۱۷۸
۱۳۹۳	۱۶۱
۱۳۹۴	۱۷۰
۱۳۹۵	۹۳
۱۳۹۶	۱۹۶
۱۳۹۷	۱۱۵
۱۳۹۸	۳۴۹
میانگین	۱۴۷



شکل ۱۶- همبستگی میان میانگین بارندگی سالانه و وسعت پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص MNDWI

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش میزان بارندگی، سطح پهنه‌های آبیگری شده نیز بیشتر می‌شود، به طوری که نواحی شمالی‌تر دریاچه، وسعت آبی بیشتری را نسبت به مناطق جنوبی آن در بر گرفته است (شکل ۴)، هرچند که با شروع تابستان و افزایش دما و تبخیر، خشک شدن مجدد آن آغاز می‌شود (۹). در تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون نیز وضعیت مشابهی را گزارش نمودند، به طوری که ایشان گرم شدن هوا در خرداد ماه و افزایش تبخیر را دلیل تسریع خشکیدگی بیان نمودند.

مک فیتز (۱۹۹۶) بیان داشت که مقادیر صفر و منفی شاخص NDWI معمولاً نشان‌دهنده پوشش گیاهی و خاک بوده و مقادیر مثبت آن معرف نواحی آبی می‌باشد، از این رو، در منطقه مورد مطالعه، شاخص MNDWI، در برخی سال‌ها مقادیر صفر و نزدیک به صفر را نشان داده است، این امر، ناشی از خشکیدگی دریاچه در این زمان‌ها بوده که عموماً به دلیل کم آبی و خشکی منطقه می‌باشد (۲۵). به منظور صحت‌سنجی نتایج حاصل از برآورد پهنه‌های آبی به کمک شاخص‌های MNDWI، AWEI و WRI، با استفاده از نقاط کنترل زمینی، عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا انجام و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد. صحت قابل قبول هر یک از شاخص‌ها، نشان از دقت طبقه‌بندی نظارت شده دارد که در جدول (۴) گزارش شده است:

**جدول ۴- صحت کلی و ضریب کاپای نقشه‌های طبقه‌بندی شده**

شاخص پهنه‌های آبی	صحت کلی (%)	ضریب کلی کاپا
MNDWI	۸۶/۲۲	۰/۸۱
WRI	۸۱/۵۵	۰/۷۵
AWEI	۸۴/۹۲	۰/۸۰

نتایج حاصل از ارزیابی صحت نشان می‌دهد که برای تمامی شاخص‌ها، صحت کلی و کاپا بالاتر از ۰/۷۵ است که بیانگر این است که به طور کلی بین طبقه‌بندی و کاربری موجود در زمین، انطباق خوبی وجود دارد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که نزدیک‌ترین برآورد در ارتباط با شاخص MNDWI بوده است. (۲۳)

اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقات خود عملکرد بهتر شاخص MNDWI را نسبت به شاخص NDWI را به عامل باندی استفاده شده نسبت داده و نزدیکی صحت کلی MNDWI به AWEI را دلیلی بر قوی بودن این شاخص بیان نمودند. همچنین بنا بر نتایج تحقیقات ژو (۲۰۰۶)<sup>۱</sup>، شاخص MNDWI در استخراج آب و کاهش و از بین بردن خطاهای حاصل از پدیده‌های غیرآبی نسبت به شاخص NDWI عملکرد بهتری داشته که این امر به جایگزینی باند مادون قرمز میانی به جای باند مادون قرمز نزدیک، نسبت داده شده است. لی و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۲</sup> نیز در تحقیقات خود عملکرد مناسب شاخص MNDWI را در استخراج آب و کاهش اثرات پوشش گیاهی، خاک و عوارض انسانی گزارش نمودند که در تحقیق حاضر نیز عملکرد مناسب آن مشاهده شده است و با نتایج ستوده‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، و اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۹) همخوانی دارد.

<sup>1</sup> Zhou

<sup>2</sup> Lee et al

## نتیجه گیری

به طور کلی با توجه به موقتی بودن حضور آب در پلایای دریاچه نمک استان فارس و خشکی آن در بسیاری از ماه های سال، امکان برآورد مساحت ثابتی از پهنه آبی، برای آن مقدور نبوده و مطابق شکل (۴) تنها می توان اذعان داشت که بیشترین میزان تغییرات مربوط به آب های فصلی موقت و فصلی جدید می باشد که سطحی حدود ۱۱۴۵ و ۳۵۵ کیلومترمربع را دربر گرفته است.

در خشکیدگی دریاچه نمک استان فارس، مجموعه عوامل طبیعی و انسانی دخیل می باشند، که عامل بارندگی ها، افزایش دما و تبخیر و تعرق از مهم ترین عوامل طبیعی به شمار می روند و در بخش انسانی، افزایش بی رویه مصرف از منابع آبی حوزه آبخیز و به ویژه آب زیرزمینی در منطقه است که به عنوان مهم ترین عامل در خشکیدگی آبخوان منطقه و افت تراز آبخون ایفای نقش نموده است.

یافته های تحقیق نشان داد که همبستگی بالایی بین وسعت پهنه های آبی و میزان بارندگی های حوزه حوزه آبخیز وجود دارد به طوری که افزایش چشمگیر آب سطحی پلایای دریاچه نمک استان فارس در سال ۱۳۹۶ ناشی از افزایش نزولات جوی و بیلان ورودی آب دریاچه در سال مذکور بوده است. به طور کلی، تغییرات اصلی پهنه آبی پلایای دریاچه نمک استان فارس ناشی از مجموعه عواملی از قبیل بارندگی و درجه حرارت، خشکسالی، میزان تقاضای آب در آبخیز، نحوه الگوی مصرف و میزان دبی رودخانه های هلیل و بمپور است و هر گونه تغییر در وضعیت آبی این ناحیه می تواند بر وضعیت زیست محیطی، اقتصادی-اجتماعی و امنیتی منطقه تاثیرگذار باشد. در این رابطه، از مهم ترین فعالیت های موثر سطوح آبی دریاچه نمک استان فارس، می توان به اصلاح الگوی کشت در منطقه و کنترل و جمع آوری آب های سطحی و رعایت رهاسازی حبابه زیست محیطی دریاچه نمک استان فارس از سد های اطراف اشاره نمود که بایستی نسبت به آن اهتمام ویژه شود. همچنین تاکید می شود تا در تحقیقات آتی به شناسایی تاثیر ویژگی های نوع رسوبات بستر دریاچه، میزان مواد معلق و عمق آب دریاچه در برآورد طیفی این شاخص ها پرداخته شود تا نتایج دقیق تری حاصل شود و از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالاتر استفاده گردد تا دقت اندازه گیری ها بیشتر شود.

## منابع

۱. احراری امیرحسین، ۱۳۸۵. موتور مجازی پردازش تصاویر ماهواره ای، انتشارات کلید آموزش. ۲۴۲ ص.
۲. اصغری سراسکانرود صیاد، جلیلیان روح اله، پیروزی نژاد نوشین، مددی عقیل، یادگاری میلاد ۱۳۹۹. ارزیابی شاخص های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب کرمانشاه). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸، صص ۵۳-۷۰.
۳. خسرویان مریم، انتظاری علیرضا، رحمانی ابوالفضل، باعقیده محمد. ۱۳۹۶. پایش تغییرات سطح آب دریاچه ی پریشان با استفاده از شاخص های سنجش از دور، هیدروژئومورفولوژی، دوره چهارم، شماره ۱۳، ۱۲۰-۹۹.
۴. زارعی ارسطو، امامی حسن ۱۳۹۶. ارائه مدلی برای پیش بینی دوره بهبود وضعیت سطح آب دریاچه ارومیه و ارزیابی تغییرات زمانی- مکانی دوره تثبیت آن با استفاده از سنجش از دور. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری سال هفتم، شماره دوم، صص ۲۰۱-۲۱۴.
۵. ستوده پور افشین، مددی عقیل، اصغری صیاد. ۱۳۹۸. مقایسه شاخص های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و سنتینل ۲A2 (مطالعه موردی: سواحل بندر بوشهر)، مجله علوم و فنون دریایی.

- ۲۰..... پایش تغییرات وسعت پهنه‌های آب سطحی دریاچه نمک استان فارس....
۶. سلیمانی ساردو، مجتبی، ۱۳۹۵. بررسی شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی به‌منظور تدوین راهبردهای مدیریت اراضی بیابانی (مطالعه موردی: غرب پلایای جازموریان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان. ۱۷۸ ص.
  ۷. شریفی‌کیا، محمد. ۱۳۸۹. پایش تغییرهای آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجنش از دوری. برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره سوم، پیاپی ۶۸.
  ۸. عبادی، عباس. و ابراهیم گلزار. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کمی تالاب پریشان با استفاده از سنجنش از دور. یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
  ۹. ملکی، سعیده، سفیانیان، علیرضا، سلطانی کوپائی، سعید، پورمنافی، سعید، شیخ الاسلام، فرید. ۱۳۹۷. تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون در دوره آبیگری سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه. تحقیقات منابع آب ایران. سال چهاردهم، شماره ۱. صص ۲۲۵-۲۱۶.
  ۱۰. یوسفی، صالح، تازه، مهدی، میرزایی، سمیه، مرادی، حمید رضا، توانگر، شهلا. ۱۳۹۳. مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور)، سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال پنجم، شماره سوم. صص ۶۷-۷۶.
  ۱۱. فرشاد میردار هریجانی - محمدرضا جوادی - زهرا چترسیماب - مریم محمد ابراهیمی. ۱۳۹۲. بررسی و مقایسه فرمت رستری و برداری عامل هواشناسی در روش MPSIAC و EPM با استفاده از تکنیک GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز آزاد رود نشتارود). اکوسیستم‌های طبیعی ایران. جلد سوم. شماره چهارم. صفحات ۱۱۷-۱۳۱.
  ۱۲. جوادی محمدرضا، چترسیماب زهرا، میردار هریجانی فرشاد. ۱۳۹۰. استفاده از داده‌های ماهواره ای ETM<sup>+</sup> جهت استخراج نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز آزاد رود. اکوسیستم‌های طبیعی ایران. جلد دوم. شماره اول. صفحات ۷۷-۸۲.
  ۱۳. محمدرضا جوادی - فرشاد میردار هریجانی - زهرا چترسیماب. ۱۳۹۰. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم افزاری Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff. مجله کاربرد سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی. جلد دوم. شماره سوم. صفحات ۵۵-۶۲.
  ۱۴. فاطمه صدیقی - مهدی وفاخوته - محمدرضا جوادی. ۱۳۹۴. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی رواناب ناشی از ذوب برف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد لتیان). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. جلد ششم. شماره دوازده. صفحات ۴۳-۵۴.

15. Bakr, N., El-kawy, O. 2020.: Modeling the artificial lake-surface area change in arid agro-ecosystem: A case study in the newly reclaimed area, Egypt. Journal of Environmental Management. 271.
16. Begüm, D., Bovolo, F., Bruzzone, L. 2013. Updating Land-Cover Maps by Classification of Image Time Series: A Novel Change-Detection-Driven Transfer Learning Approach. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 51(1): 300-312.
17. Chen, C., Yu, Z., Li, L., Yang, C. 2011. Adaptability Evaluation of TRMM Satellite Rainfall and Its Application in the Dongjiang River Basin, Procedia Environmental Sciences, 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), 10: 396-402.
18. El-Asmar, H.M., Hereher, M.E., El Kafrawy, S.B. 2013. RESEARCH PAPERSurface area change detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile Delta, Egypt, using water indices: A remote sensing approach. The Egyptian

- Journal of Remote Sensing and Space Science. 16(1), 119-123.
19. Fatemeh Sedighi, Mehdi Vafakhah, Mohamad Reza Javadi. 2016. Application of artificial neural network for snowmelt-runoff (Case study: Latyan Dam Watershed). *Journal of Watershed Management Research*. 6(12):pp43-54.
  20. Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* 2014, 140, 23–35.
  21. Fisher, A., Flood, N. and Danaher, T 2016. Comparing Landsat water index methods for automated water classification in eastern Australia. *Remote Sensing of Environment*, 175: 167-182.
  22. Gautam, Vivek Kumar, Piyush Kumar Gaurav, P. Murugan, and M. Annadurai. 2015. Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore Using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *Aquatic Procedia* 4(Icwrcoe): 739–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.095>.
  23. Gholami, Shabanali; Vafakhah, Mehdi; Ghaderi, Kamal; Javadi, Mohammad Reza. 2020. Simulation of rainfall-runoff process using geomorphology-based adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 18(2): 109-122PP.
  24. Hibo, Y., Zongmin, W., Hongling, Z., Yu, G 2011. Water body Extraction Methods Study Based on RS and GIS. 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. *Procedia Environmental Sciences*. 10, 2619- 2624.
  25. Hossen, H., Negm, A. 2016. Change Detection in the Water Bodies of Burullus Lake, Northern Nile Delta, Egypt, Using RS/GIS
  26. Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E.J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., Hong, Y., Bowman K.P., Stocker, E.F 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale. *Journal of Hydrometeorology*, 8 (1): 38-55.
  27. Jawak, S.D., and A.J. Luis. 2015. A Rapid Extraction of Water Body Features from Antarctic Coastal Oasis Using Very High-Resolution Satellite Remote Sensing Data. *Aquatic Procedia* 4(Icwrcoe): 125–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.018>.
  28. Ji, L., X. Geng, K. Sun, Y. Zhao and P. Gong. 2015. Target detection method for water mapping using landsat 8 oli/tirs imagery. *Water* 7(2): 794-817.
  29. Li, W, Du, Z, Ling, F, Zhou, D, Wang, H, Gui, Y, Sun, B, Zhang, X. 2013. A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index TM, ETM+ and ALI, *Remote Sensing*, 5: 5530-5549.
  30. Masochaa, M., Dube, T., Makore, M., Shekede, M., Funani, J. 2018. Surface water bodies mapping in Zimbabwe using landsat 8 OLI multispectral imagery: A comparison of multiple water indices. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 106, 63-67.
  31. 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* 17(7): 1425–32.
  32. Mehdi Vafakhah. Mohamad Reza Javadi. Javanshir Najafi Majd. 2015. Effect of Land Use Changes on Runoff Depth in Chaloursrud Watershed. *Iranian journal of Ecohydrology*. 2(2):211-220pp.

33. [Modeling the rainfall-runoff data in snow-affected watershed](#). M Vafakhah, F Sedighi, MR Javadi. 2014. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*. 6(1):40-56pp.
34. Pekelm, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., S. Belward, A. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes *Nature* volume 540, pages 418–422.
35. Shen, L.; Li, C. 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In *Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China*; pp. 1–4.
36. Tang, Z., Ou, W., Dai, Y., Xin, Y. 2012. Extraction of water body based on Landsat TM5 imagery—a case study in the Yangtze River, *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*, pp. 416-420.
37. 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(14): 3025–33.

## Monitoring the changes in surface water areas of salt lake in Fars province using remote sensing indicators

Behrooz Sadin<sup>1</sup> and Mohammadebrahim Afifi<sup>۲</sup>

### Abstract

Water resources are one of the most important components of land life and sustainable development. In the present study, the study of time series changes in the area of water areas of the salt lake playa of Fars province, with the help of surface reflection data of Landsat 8 satellite from 2013 to 2019 was considered and the modified normalized water difference index (MNDWI) to separate water areas. It was applied to the desired images and then the trend of water area changes was estimated. All of these processes and satellite image analysis were performed in the Google Earth Engine software environment, which is a web and open source system for performing spectral and radiometric analyzes on satellite images. ArcGIS 10.5 software was also used to prepare spatial maps. Findings showed that the water area of the seasonal lake of salt lake in Fars province is estimated at 21426 Km based on MNDWI index and approximately 151512 km<sup>2</sup> based on automatic water extraction index (AWEI) and 1610 km<sup>2</sup> based on water absorption ratio (WRI) index. On the other hand, the analysis of surface water production of Landsat images showed that the highest rate of change was related to temporary seasonal and new seasonal water zones, so that changes in temporary seasonal zones occupied an area of about 21245 km<sup>2</sup> and new seasonal surface zones of about 352,55 km. Is. Dehydration of the salt lake plain of Fars province is related to the occurrence of seasonal floods and increased rainfall in the basin, so that a high correlation ( $R^2 = 0.89$ ) between annual rainfall in the basin and increasing the area of water areas obtained from the MNDWI index has been observed.

**Keywords:** Playa, Wetlands, Salt Lake, MNDWI.

---

<sup>1</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Corresponding Author [.m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

<sup>2</sup> Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.