



## ارزیابی و پایش تغییرات رطوبت تالاب میقان با استفاده از تکنیک دورسنجی و ارتباط آن با شاخص های خشک سالی هواشناسی

زهره ابراهیمی خوسفی<sup>۱\*</sup>، محمد خسروشاهی<sup>۲</sup>، مریم نعیمی<sup>۳</sup>، سمیرا زندی فر<sup>۳</sup>

۱. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت

۲. دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

۳. استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

### مشخصات مقاله

### چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۵ خرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۳۱ تیر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۰ مرداد ۱۳۹۸

واژه های کلیدی:

خشکیدگی

شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده

تصاویر لندست

تالاب میقان

تالاب ها از مهم ترین اکوسیستم های طبیعی هستند که به دلیل تغییرات اقلیمی و خشک سالی های اخیر، از سطح مرطوب آن ها کاسته شده است. پژوهش حاضر باهدف بررسی ارتباط بین شاخص بارش استاندارد شده و شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده با مقادیر متوسط شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده در محدوده تالاب میقان انجام شد. بدین منظور از تصاویر چندزمانه لندست و داده های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اراک برای بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۶) استفاده شد. پس از اعمال پیش پردازش های لازم بر روی تصاویر ماهواره ای، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده و میانگین آن برای هر سال تهیه گردید. به منظور بررسی ارتباط بین شاخص های خشک سالی هواشناسی و میانگین شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده، نمودار پراکنش نقطه ای بین آن ها ترسیم و ضریب تعیین حاصل از برازش مدل رگرسیون دو متغیره، محاسبه گردید. نتایج نشان داد که محتوای رطوبتی تالاب میقان در بازه زمانی مورد بررسی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است به طوری که مقادیر متوسط رطوبت سطح تالاب از ۰/۳۶ در سال های ابتدایی به ۰/۰۴- در سال های پایانی رسیده است. ضریب تعیین به دست آمده از برازش مدل رگرسیونی بین شاخص بارش استاندارد شده و شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده با میانگین شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۵۱ تخمین زده شد. این نتیجه بیانگر آن است که ۳۴٪ تغییرات رطوبتی تالاب میقان با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده و ۵۱٪ تغییرات آن با استفاده از شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده، قابل توجیه است.

## مقدمه

خشک‌سالی یکی از بلایای طبیعی است که در دهه‌های اخیر، اثرات قابل توجهی را بر اقتصاد، کشاورزی، محیط‌زیست و اکوسیستم‌های مختلف بر جای گذاشته است (۱۲ و ۱۹). یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین اکوسیستم‌ها به این پدیده، تالاب‌ها هستند که در سال‌های اخیر تحت تأثیر دخالت‌های انسانی، تغییرات اقلیمی و به‌ویژه تحت تأثیر خشک‌سالی‌های اخیر، روند خشکیدگی آن‌ها در بیشتر مناطق دنیا روند روبه‌رشدی داشته است (۵ و ۱۵). افزایش روند خشکیدگی تالاب‌ها، افزایش تولید گردوغبار و تغییر شرایط پوشش گیاهی محدوده تالاب‌ها را به دنبال داشته است (۳). از آنجایی که پدیده خشک‌سالی موجب کاهش سریع جریان‌های سطحی، افت مخازن آب زیرزمینی، تشدید فرسایش بادی و آبی، تغییر کیفیت منابع آب و نشست زمین می‌شود، از این‌رو ارزیابی آثار این پدیده و مدیریت خطر آن امری ضروری است (۲ و ۴). طی سال‌های اخیر، کشور ایران با خشک‌سالی‌های متعددی روبه‌رو بوده که خسارت‌هایی گاه جبران‌ناپذیر بر منابع آبی و به‌ویژه دریاچه‌ها و تالاب‌ها وارد کرده است (۱۶ و ۲۰). علاوه بر وقوع خشک‌سالی، تأثیر دخالت‌های انسان در بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی (۱۱ و ۱۷)، تغییرات کاربری اراضی (۶، ۱۰ و ۲۳) و درنهایت تأثیری که بر میزان آبرگیری دریاچه‌های دائمی و فصلی و حتی خشک شدن تالاب‌ها داشته‌اند، قابل‌اغماض نیست (۸، ۱۳ و ۲۹). تغییر در فراوانی و میزان آبرگیری تالاب‌ها و دریاچه‌های داخلی ایران تا جایی پیش رفته است که حتی منجر به نوسانات قابل توجهی در افزایش فعالیت‌های طوفان گردوغبار در مقیاس‌های فصلی و سالانه شده است (۱ و ۲۴). بنابراین پایش مداوم بستر تالاب‌ها و شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات این اکوسیستم‌های ارزشمند به‌منظور پیشگیری، کنترل و یا کاهش پیامدهای ناشی از خشکیدگی آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از اطلاعات مربوط به تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های مختلف نظیر لندست و مودیس، به دلیل تصویربرداری وسیع از نواحی بزرگ، بهره‌وری در زمان و

هزینه، ثبت دائمی اطلاعات از مناطق مختلف و رایگان بودن آن‌ها، می‌توانند در این زمینه کمک شایان توجهی به پژوهشگران و مدیران کند.

بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی توسعه چشمگیری داشته است. به‌عنوان مثال، ژو و همکاران (۳۰) جهت بررسی نوسانات سطح دریاچه کینق‌ای با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس و لندست از شاخص اختلاف نرمال شده آب (Normalized Difference Water Index)، استفاده کردند و تغییرات سطح دریاچه را در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ تخمین زدند. نتایج تحقیق این پژوهشگران، افزایش میانگین سطح آب به میزان ۰/۱۱ متر در سال را نشان داد. گوتمان و همکاران (۱۳) به‌منظور ارزیابی دینامیک سطح آب در جنوب هند از تصاویر ماهواره لندست سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ استفاده کردند. آن‌ها از تکنیک‌های پردازش تصویر از قبیل تبدیل تسلدکپ، شاخص اختلاف آب نرمال شده، شاخص اصلاح‌شده اختلاف آب نرمال شده (Modified Normalized Difference Water Ratio)، شاخص نسبت آب (Difference Water Index) و طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌منظور شناسایی اراضی خشک و مرطوب در منطقه مطالعاتی خود استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که گرچه مساحت هرکدام از طبقات به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های مذکور با یکدیگر برابر نیست و اندکی تفاوت دارد اما استفاده از شاخص‌های رطوبتی کارایی بیشتری در جداسازی هر چه سریع‌تر محدوده‌های خشک و مرطوب داشته است. جاواک و لوئیس (۱۷) نیز قابلیت بالای شاخص اختلاف آب نرمال شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای را در تفکیک سطوح آب از سایر مناطق اطراف به اثبات رساندند. در تحقیقی که توسط ژو و همکاران (۲۸) در زمینه بررسی تغییرات سطح تالاب‌ها در دلتای رودخانه زرد برای بازه زمانی (۲۰۱۳-۱۹۷۳) با استفاده از تصاویر لندست انجام شد، کاهش سطح تالاب‌های طبیعی به میزان ۳۶ (کیلومتر مربع در سال) و افزایش سطح تالاب‌های مصنوعی به میزان ۱۸/۹۶ (کیلومتر مربع در سال) در این منطقه گزارش شده

ابزاری مفید برای پایش تغییرات سطح دریاچه‌ها و اکوسیستم‌های مرطوب به اثبات رسیده است و از طرفی عوامل تخریب و تهدید تالاب میقان چه در گذشته و چه در حال، هریک با درجات مختلف بر این تالاب تأثیرگذار بوده‌اند و تاکنون تحقیقی راجع به بررسی روند تغییرات تالاب میقان اراک و میزان ارتباط آن با خشک‌سالی‌های به وقوع پیوسته در این منطقه به انجام نرسیده است، لذا در این تحقیق سعی بر آن شده است تا به این موضوع پرداخته شود.

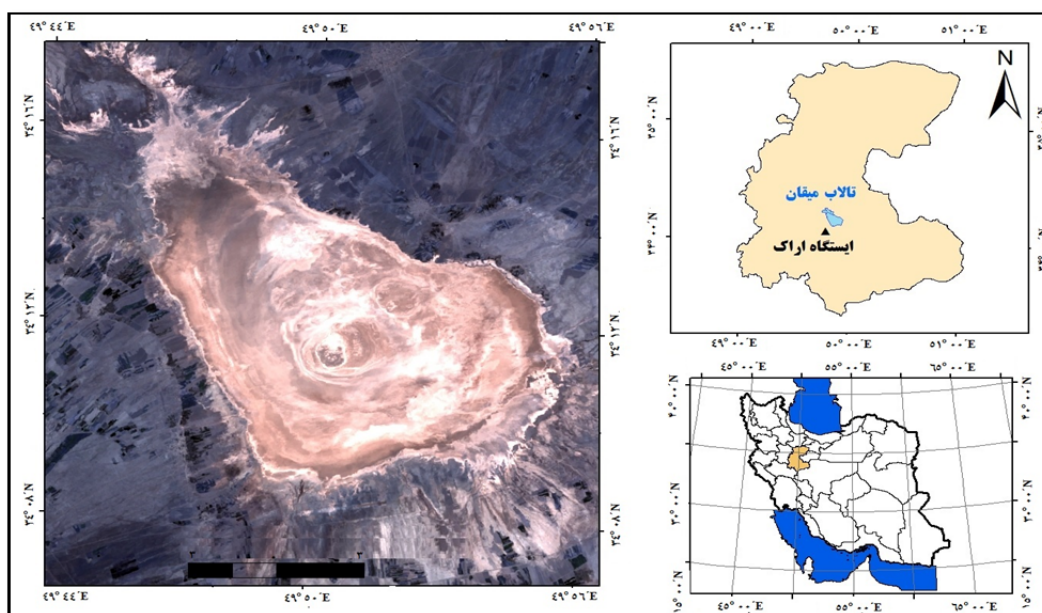
هدف از این تحقیق، پایش تغییرات رطوبتی تالاب میقان بر اساس شاخص اصلاح‌شده اختلاف آب نرمال شده و بررسی ارتباط بین این تغییرات و نوسانات دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی به وقوع پیوسته در بازه زمانی ۲۸ ساله (۲۰۱۷-۱۹۶۰) با استفاده از داده‌های لندست است.

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی، تالاب میقان در نواحی جنوبی استان مرکزی است که با وسعتی معادل ۱۰۶/۴ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۴۵° ۴۹' تا ۵۵° ۴۹' طول شرقی و ۰۹' ۳۴° تا ۱۸' ۳۴° عرض شمالی واقع است (شکل ۱). پلایای میقان از رسوبات ریزدانه حاوی عناصر کلاستیک (نظیر کوارتز و رس) و تبخیری (نظیر کلسیت، ژیپس و هالیت) تشکیل شده است که غلظت این عناصر در فصول مختلف سال متغیر است (۹). علت این تغییرات، تغییر پارامترهای اقلیمی مانند بارندگی، دما و میزان تبخیر از سطح تالاب ذکر شده است. بر اساس داده‌های هواشناسی مربوط به ایستگاه سینوپتیک اراک که در فاصله ۱۰ کیلومتری تالاب میقان واقع شده است، میانگین طولانی‌مدت (۲۰۱۷-۱۹۹۰) بارش، دما و تبخیر تعرق سالانه در این منطقه، به ترتیب ۲۹۹/۶ میلی‌متر، ۱۴/۰۸ درجه سانتی‌گراد و ۸۳۷/۲ میلی‌متر و اقلیم منطقه مطالعاتی بر اساس روش دومارتن (ضریب خشکی دومارتن، ۱۲/۴۴)، نیمه‌خشک است.

است. آن‌ها تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی را به‌عنوان علل احتمالی این‌گونه تغییرات شناسایی کرده‌اند. در ایران، امیری و همکاران (۲) به‌منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی در حاشیه تالاب آق گل همدان از سه شاخص بارش استاندارد شده (Standardized Precipitation Index)، شاخص درصد از نرمال بارندگی (Percent Normal Precipitation Index) و شاخص ناهنجاری بارش (Abnormality Index) به‌منظور بررسی روند تغییرات تالاب از تصاویر لندست سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ استفاده کردند. نتایج اولیه بررسی آن‌ها نشان داد که شدیدترین خشک‌سالی‌ها در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ به وقوع پیوسته است. همچنین آن‌ها نشان دادند که در بازه زمانی موردبررسی آن‌ها (۲۰۱۴-۱۹۸۰) از سطح مرطوب این تالاب به‌شدت کاسته شده است. ابراهیمی و همکاران (۱) روند خشکیدگی تالاب گاوخونی را برای بازه زمانی ۲۲ ساله (۱۳۷۰-۹۲) با استفاده از شاخص آب اختلاف نرمال شده تهیه‌شده از تصاویر لندست موردبررسی قراردادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که سطح مرطوب تالاب گاوخونی در سال‌های اخیر به‌شدت کاهش یافته است. در این تحقیق، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی دبی جریان‌های ورودی به تالاب، تبخیر از سطح تالاب، افت سطح ایستابی، درجه حرارت و بارندگی معرفی شده است. نمونه‌ای دیگر از تخریب شدید تالاب‌ها، خشکیدگی دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران است که با به‌کارگیری تکنیک‌های دورسنجی در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است و خشک‌سالی‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و احداث غیراصولی سدها در بالادست دریاچه ارومیه از جمله عوامل مؤثر بر خشکیدگی این دریاچه و افزایش انتشار ذرات گردوغبار در شمال غرب ایران معرفی شده‌اند (۱۴ و ۲۲).

نظر به اینکه در سال‌های اخیر به‌کارگیری تکنیک‌های دورسنجی توسط پژوهشگران متعدد خارجی و داخلی به‌عنوان



شکل ۱. موقعیت تالاب میقان در ایران و استان مرکزی

## روش تحقیق

### محاسبه شاخص بارش استاندارد شده

این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط مک کی (۲۰) ارائه شد. این شاخص بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص، عنصر بارندگی است. این شاخص را می توان در مقیاس های زمانی ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. به منظور بررسی سال های خشک و مرطوب در این روش، مقدار شاخص استاندارد بارش سالانه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{SD} \times 100 \quad [1]$$

در این رابطه؛ P مقدار بارندگی سالانه،  $\bar{P}$  میانگین بارندگی در طول دوره آماری، SD انحراف معیار مقادیر بارندگی سالانه و SPI شاخص استاندارد بارش سالانه است.

یکی از محدودیت های شاخص بارندگی استاندارد شده، در نظر نگرفتن بیلان آب بر اساس میزان تبخیر و تعرق هست در حالی که شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده بر

اساس بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل، بیلان آب را در محاسبه شاخص خشک سالی لحاظ می نماید (۷). به همین دلیل از این شاخص نیز جهت شناسایی وضعیت خشک سالی و بررسی اثر آن بر روند تغییرات خشکیدگی تالاب میقان استفاده گردید.

### شاخص بارش-تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد شده

شاخص بارش-تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد برای اولین بار توسط ویستی سرانو و همکاران (۲۵) ارائه شد. این شاخص مبتنی بر محاسبه ترازمندی آب اقلیمی است و برای محاسبه به داده های ماهانه بارندگی و دمای هوا نیاز دارد. معادله ترازمندی آب اقلیمی بر اساس رابطه ۲ تعیین شد.

$$D_i = P_i - PET_i \quad [2]$$

در این رابطه؛ P و PET به ترتیب بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل، D اختلاف آن ها و I شماره ماه مورد نظر است. برای محاسبه شاخص خشک سالی، یک توزیع سه پارامتری نیاز است تا بتواند مقادیر منفی در داده های D را پوشش دهد. نتایج انتخاب مناسب ترین تابع نشان داده است که تابع لجستیک لگاریتمی برازش خوبی بر سری زمانی داده ها در

می تواند برای بازه های زمانی ۳ تا ۴۸ ماهه محاسبه شود. مقادیر مثبت این شاخص بیانگر مثبت بودن بیلان آب و مقادیر منفی آن بیانگر منفی بودن بیلان آب است.

این شاخص می تواند برای پایش دوره های خشک و مرطوب مورد استفاده قرار گیرد. خشک سالی هنگامی شروع می شود که مقادیر شاخص به -۱ برسد و با مثبت شدن آن خاتمه می یابد. تعیین وضعیت ترسالی و خشک سالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص بارش -تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد (SPEI) در جدول ۱ ارائه شده است.

مقیاس های زمانی مختلف دارد. بدین ترتیب تابع تجمعی احتمال سری داده های D بر اساس تابع مذکور با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$F(x) = \left[ 1 + \left( \frac{\alpha}{x - \gamma} \right) \right] \quad [3]$$

در این رابطه؛  $\alpha$  پارامتر مقیاس و  $\gamma$  پارامتر اصلی برای مقادیر D در محدوده  $D < \infty$  است. بدین ترتیب پس از محاسبه تابع توزیع تجمعی و تبدیل آن به مقادیر نرمال مقادیر شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده استخراج می گردد. این شاخص همانند شاخص بارش استاندارد شده

جدول ۱. مقیاس طبقات بر اساس شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و

شاخص بارش -تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد (SPEI)

وضعیت رخداد	SPEI / SPI
ترسالی بسیار شدید	بیشتر از ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشک سالی معمولی	-۱ تا -۱/۴۹
خشک سالی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشک سالی بسیار شدید	کمتر از -۲

تصاویر مربوط به ماه های خرداد و تیر از درصد پوشش ابر و خطای هندسی کمتری نسبت به ماه های فروردین و اردیبهشت برخوردار هستند، همچنین برای تمامی سال ها، تصاویر این ماه ها قابل دسترس بودند، لذا در نهایت تصاویر ماهواره ای مربوط به ماه های خرداد و تیر جهت بررسی اهداف تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت.

#### پیش پردازش تصاویر ماهواره ای

در این تحقیق ۲۸ تصویر ماهواره ای مربوط به سنجنده های مختلف لندست با شماره ردیف ۳۶ و شماره گذر ۱۶۵ که مشخصات آن ها در جدول ۲ آمده است، از سایت (<http://earthexplorer.usgs.gov>) اخذ گردید. بررسی اولیه تصاویر ماهواره ای مربوط به منطقه مطالعاتی نشان داد که

جدول ۲. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ماهواره - سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	ماهواره - سنجنده	تاریخ اخذ تصویر
Landsat5-TM	۱۳۶۹/۰۳/۳۰	Landsat7-ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۳/۰۳/۳۱
Landsat5-TM	۱۳۷۰/۰۴/۰۲	Landsat7-ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۴/۰۳/۳۱
Landsat5-TM	۱۳۷۱/۰۴/۰۴	Landsat7-ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۵/۰۴/۰۳
Landsat5-TM	۱۳۷۲/۰۴/۰۷	Landsat5-TM	۱۳۸۶/۰۴/۰۶
Landsat5-TM	۱۳۷۳/۰۳/۲۵	Landsat5-TM	۱۳۸۷/۰۴/۰۱
Landsat5-TM	۱۳۷۴/۰۳/۲۸	Landsat5-TM	۱۳۸۸/۰۴/۰۳
Landsat5-TM	۱۳۷۵/۰۳/۱۵	Landsat5-TM	۱۳۸۹/۰۴/۰۶
Landsat5-TM	۱۳۷۶/۰۴/۰۲	Landsat5-TM	۱۳۹۰/۰۴/۰۹
Landsat5-TM	۱۳۷۷/۰۴/۰۵	Landsat7-ETM <sup>+</sup>	۱۳۹۱/۰۴/۰۴
Landsat5-TM	۱۳۷۸/۰۴/۰۸	Landsat8-OLI	۱۳۹۲/۰۳/۱۳
Landsat5-TM	۱۳۷۹/۰۳/۲۶	Landsat8-OLI	۱۳۹۳/۰۴/۰۳
Landsat5-TM	۱۳۸۰/۰۳/۲۸	Landsat8-OLI	۱۳۹۴/۰۴/۰۴
Landsat5-TM	۱۳۸۱/۰۴/۳۱	Landsat8-OLI	۱۳۹۵/۰۴/۰۷
Landsat7-ETM <sup>+</sup>	۱۳۸۲/۰۴/۲۷	Landsat8-OLI	۱۳۹۶/۰۶/۰۹

$Q_{cal}$  بیانگر مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌های تصویر در هر باند است.  $M_L$  و  $A_L$  ضرایب تبدیل ارزش رقومی به رادیانس هستند که به ازای هر باند، مقادیر متفاوتی دارند و از طریق متادیتا فایل قابل استخراج هستند. این تبدیل‌ها برای محاسبه شاخص‌های مختلف مانند شاخص‌های اختلاف نرمال شده آب و پوشش گیاهی به‌ویژه زمانی که از تصاویر مربوط به سنجنده‌های مختلف استفاده می‌شود، بسیار ضروری است.

جهت تبدیل مقادیر رادیانس به انعکاس واقعی پدیده‌ها از سطح زمین از الگوریتم FLAASH استفاده شد. سپس مقادیر خروجی از این الگوریتم با استفاده از عملیات Rescaling در بازه ۰ تا ۱ قرار داده شدند. در نهایت جهت اصلاح خطای راه‌راه شدگی تصاویر مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ و همچنین تصاویر مربوط به سال ۲۰۱۳ از تصاویر مربوط به سال‌های نزدیک استفاده شد.

#### میانگین شاخص آب اختلاف نرمال شده اصلاح شده

در تحقیق حاضر جهت محاسبه شاخص آب اختلاف نرمال شده اصلاح شده از رابطه ۶ که توسط ایکسو (۲۶)

پس از اخذ تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا محدوده تالاب از تصاویر اخذ شده، بریده شد تا عملیات پیش‌پردازش، پردازش و پس پردازش تصاویر با سرعت بالاتری انجام شود. پس از انجام عملیات تصحیح هندسی به روش تصویر به تصویر، ارزش خام ثبت شده تصاویر اخذ شده از سنجنده‌های TM و ETM<sup>+</sup> با استفاده از رابطه ۴ و ارزش خام ثبت شده تصاویر اخذ شده از سنجنده OLI با استفاده از رابطه ۵ در نرم افزار ENVI<sup>®</sup>4.7 به رادیانس تبدیل شد.

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{\max_{\lambda}} - L_{\min_{\lambda}}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} \right) \times (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + L_{\min_{\lambda}} \quad [4]$$

$$L_{\lambda} = M_L Q_{\text{cal}} + A_L \quad [5]$$

در این رابطه؛  $L_{\lambda}$  میزان رادیانس (وات ساعت بر مترمربع در استرادیان در هر طول موج) است.  $L_{\max_{\lambda}}$  و  $L_{\min_{\lambda}}$  به ترتیب میزان رادیانس بیشینه و کمینه بر حسب وات ساعت بر مترمربع در استرادیان در هر طول موج می‌باشند.  $Q_{\text{calmax}}$  مقدار ارزش رقومی بیشینه و  $Q_{\text{calmin}}$  مقدار ارزش رقومی کمینه است.

ارائه شده، استفاده شد.

### ارتباط میان شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی و متوسط تغییرات رطوبت بستر تالاب

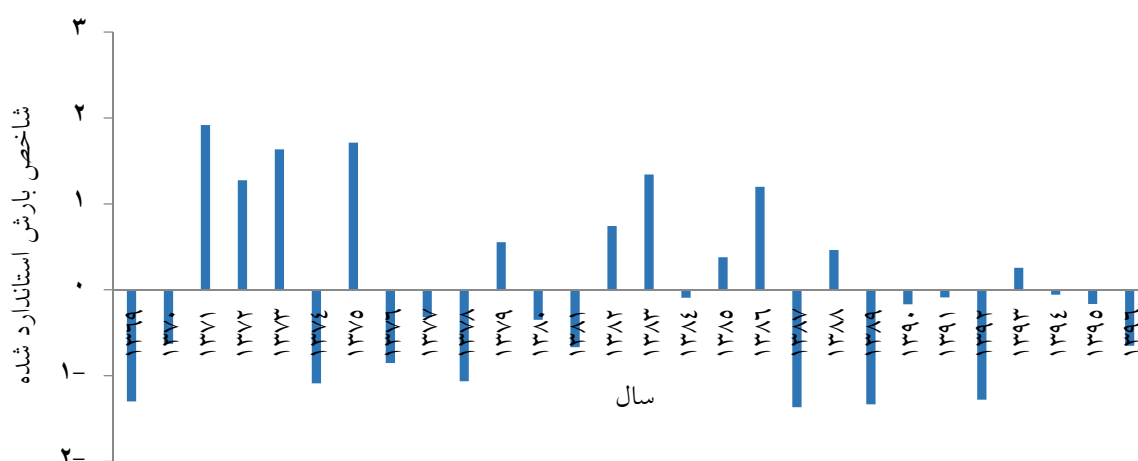
به منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته، نمودار پراکنش نقطه‌ای بین هرکدام از شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی و مقدار متوسط شاخص اصلاح شده آب اختلاف نرمال شده ترسیم شد. سپس از ضریب تعیین حاصل از برازش مدل‌ها ( $R^2$ ) برای بیان اینکه چند درصد از تغییرات متغیر وابسته (محتوای رطوبت تالاب میقان) تحت تأثیر تغییرات متغیرهای مستقل (پارامترهای اقلیمی) بوده، استفاده گردید. دامنه تغییرات  $R^2$  بین ۰ تا ۱+ متغیر است و معیاری مناسب جهت سنجش ارتباط بین متغیرهای مختلف است (۲۷ و ۲۸).

### نتایج

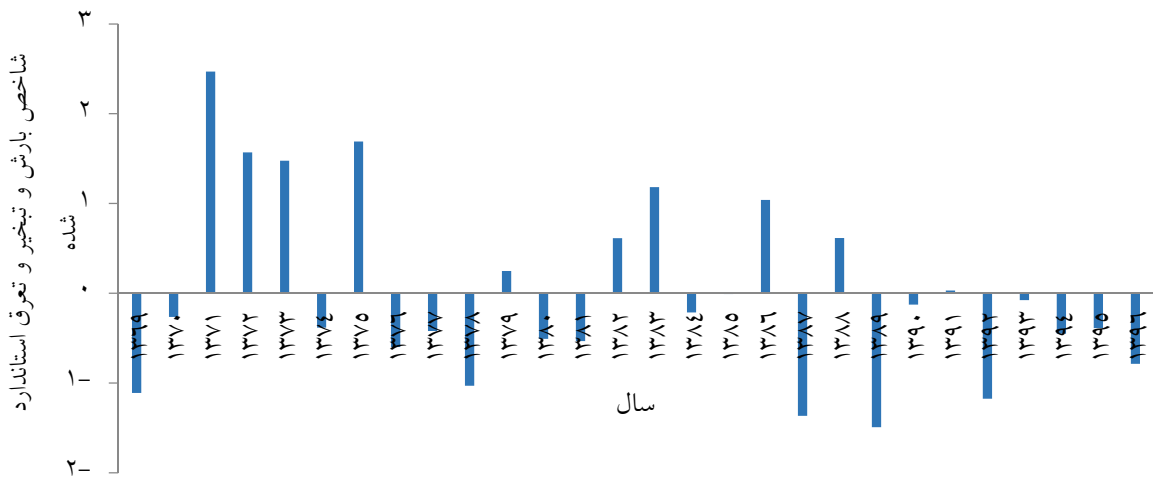
نتایج حاصل از بررسی وضعیت خشک‌سالی و یا ترسالی‌های به وقوع پیوسته در محدوده تالاب میقان بر اساس دو شاخص مهم شاخص استاندارد شده بارش و شاخص بارش-تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

$$MNDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{SWIR}}{\rho_{Green} + \rho_{SWIR}} \quad [6]$$

در این رابطه؛  $\rho_{Green}$  و  $\rho_{SWIR}$  به ترتیب بیانگر انعکاس سطح زمین در باند سبز و مادون قرمز کوتاه می‌باشند. دامنه تغییرات MNDWI بین ۰-۱ است. در گام بعد، میانگین ارزش پیکسل‌های شاخص آب اختلاف نرمال شده اصلاح شده محدوده تالاب (MNDWI) برای هر سال محاسبه گردید. واضح است که هرچه تعداد پیکسل‌های دارای ارزش کمتر و یا مساوی صفر در لایه اطلاعاتی مربوط به شاخص آب اختلاف نرمال شده اصلاح شده بیشتر باشد، مقادیر میانگین شاخص اختلاف آب نرمال شده اصلاح شده نیز کمتر خواهد بود و این به معنای افزایش سطح خشکیده تالاب است. در مقابل، هر چه تعداد پیکسل‌های دارای ارزش بیشتر از صفر بیشتر و نزدیک به ۱ باشد، مقادیر متوسط شاخص اختلاف آب نرمال شده نیز بیشتر خواهد بود. به عبارت دیگر، این وضعیت بیانگر افزایش میزان رطوبت بستر تالاب و کاهش سطح خشکیده آن است.

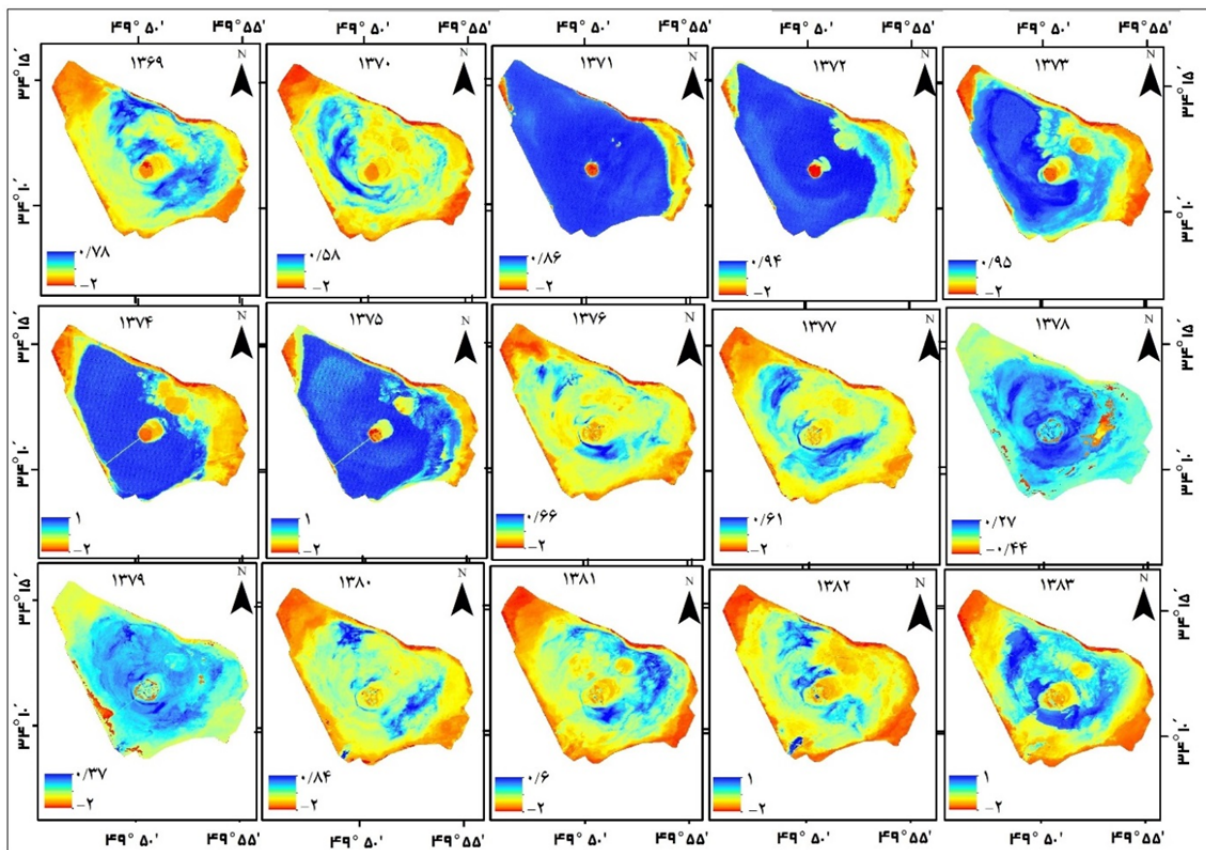


شکل ۲. مقادیر شاخص استاندارد شده بارش محدوده تالاب میقان در بازه زمانی (۱۳۶۹-۱۳۹۶)



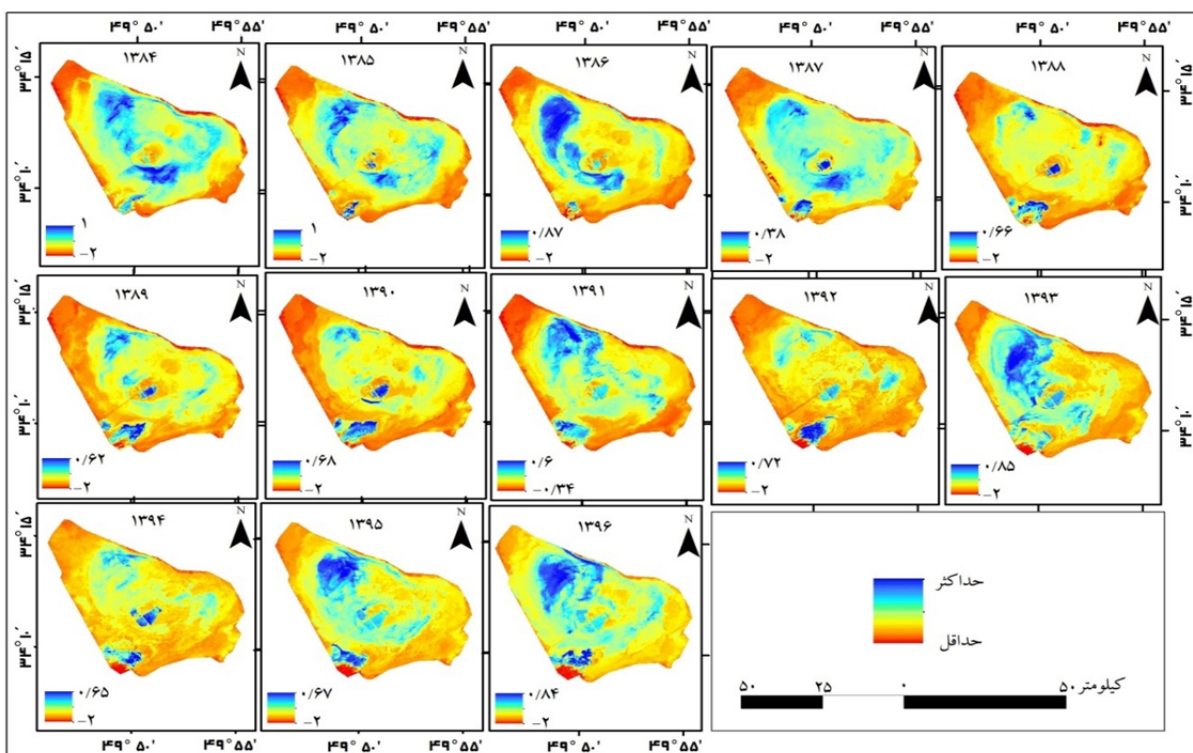
شکل ۳. مقادیر شاخص بارش-تبخیر و تعرق پتانسیل استاندارد شده محدوده تالاب میقان در بازه زمانی (۱۳۶۹-۱۳۹۶)

مقادیر حداکثر و حداقل مربوط به شاخص اصلاح شده در بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۶) در شکل ۵ نشان داده شده است. آب اختلاف نرمال شده در شکل ۴ و مقادیر متوسط آن برای

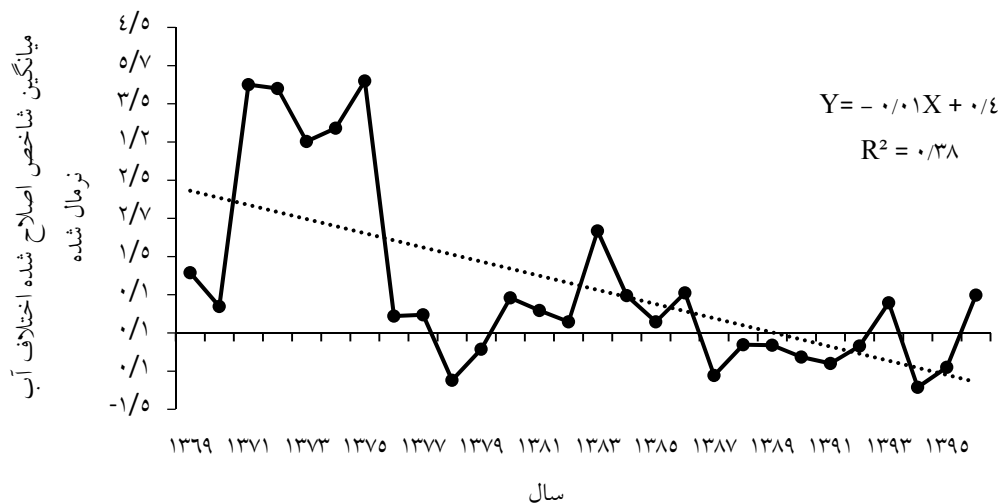


شکل ۴. مقادیر حداکثر و حداقل شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده در بازه زمانی (۱۳۶۹-۱۳۹۶)





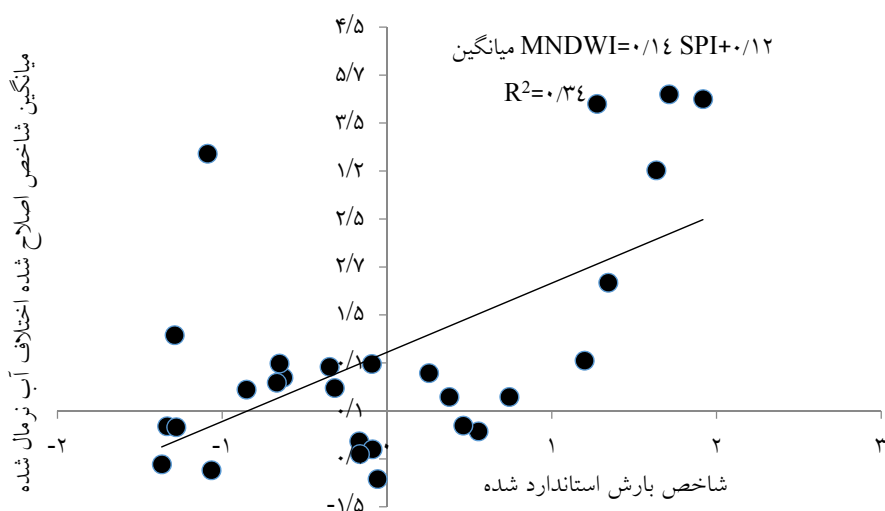
شکل ۴. مقادیر حداقل و حداکثر شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده در بازه زمانی (۱۳۶۹-۱۳۹۶)



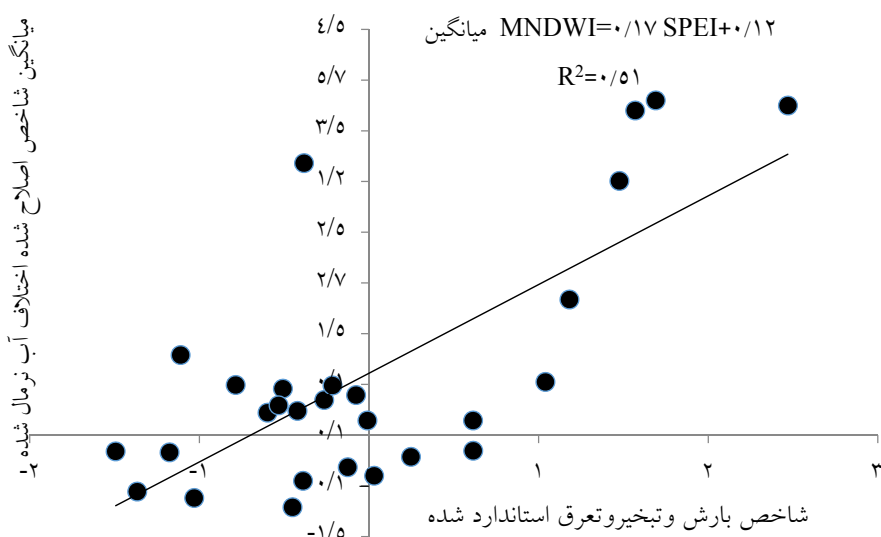
شکل ۵. مقادیر متوسط شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده و روند تغییرات آن در تالاب میقان در بازه زمانی (۱۳۶۹-۱۳۹۶)

روش رگرسیون دو متغیره محاسبه گردید. نتایج حاصل از این مرحله از تحقیق حاضر در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است.

پس از تهیه اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، ضرایب تعیین  $R^2$  بین مقادیر مربوط به دو شاخص SPI و SPEI و مقادیر متوسط شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده بر اساس



شکل ۶. نمودار پراکنش نقطه‌ای حاصل از برازش بین شاخص بارش استاندارد شده و میانگین شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده



شکل ۷. نمودار پراکنش نقطه‌ای حاصل از برازش بین شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده و میانگین شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده

## بحث و نتیجه‌گیری

بادی می‌شود. به منظور بررسی نقش این عوامل بر تغییر مهم‌ترین ویژگی فیزیکی بستر تالاب میقان (رطوبت خاک) در تحقیق حاضر از دو شاخص بارش استاندارد شده که فقط پارامتر بارندگی و شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده که علاوه بر بارندگی، اثر تبخیر و تعرق در محاسبات آن دخیل است؛ بهره گرفته شده است. در بسیاری از

از دیدگاه هواشناسی، مهم‌ترین عامل تغذیه‌کننده تالاب‌ها و حفظ محتوای رطوبتی آن‌ها، میزان نزولات جوی آن منطقه است. این در حالی است که تأثیر برخی دیگر از پارامترهای هواشناسی نظیر افزایش دما و تبخیر و تعرق منجر به افت رطوبت سطح تالاب‌ها و حساس شدن آن‌ها نسبت به فرسایش

بعدازآن بوده است. در واقع، اوج آبیگری تالاب میقان در سال ۱۳۷۱ به وقوع پیوسته که میزان نزولات جوی در این سال به میزان قابل توجهی بالاتر از متوسط طولانی مدت (۱۳۹۶-۱۳۶۹) بوده و ترسالی شدید بر منطقه حاکم بوده است (شکل‌های ۲ و ۳). گرچه زمان وقوع حداقل محتوای رطوبتی تالاب میقان با خشک‌سالی‌های رخ داده در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ مطابقت دارد (شکل‌های ۲، ۳ و ۵)، اما در سال ۱۳۹۴ که سطح وسیعی از تالاب میقان خشک‌شده (شکل‌های ۴ و ۵)، بر اساس هر دو شاخص خشک‌سالی هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق، سال نرمال ارزیابی شده است. این نتیجه بیانگر آن است که همواره بین زمان وقوع خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها و زمان حداقل و حداکثر آبیگری تالاب میقان، رابطه مستقیم وجود ندارد. نکته حائز اهمیت، روند کاهش قابل توجه محتوای رطوبتی تالاب میقان (شکل ۵) و یا به عبارت دیگر تشدید پدیده بیابان‌زایی در محدوده تالاب میقان است. همان‌گونه که در این شکل نشان داده شده، بیشترین مقدار متوسط رطوبت تالاب میقان مربوط به سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۷ بوده است؛ در حالی که باگذشت زمان، از این مقدار به میزان قابل توجهی کاسته شده است، به طوری که میانگین شاخص اصلاح‌شده اختلاف آب نرمال شده از ۰/۳۶ در سال‌های ابتدایی بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۷۷-۱۳۶۹) به ۰/۰۴ در سال‌های میانی (۱۳۸۶-۱۳۷۸) و به حداقل مقدار خود (۰/۰۴) در سال‌های پایانی بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۹۶-۱۳۸۷) رسیده است. میزان وابستگی این تغییرات به خشک‌سالی‌های هواشناسی، بر اساس شاخص بارش استاندارد شده و شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۵۱ برآورد شده است (شکل‌های ۵ و ۶). برقراری همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص بارش استاندارد شده و میانگین شاخص اصلاح‌شده اختلاف آب نرمال شده ( $R=0/58$ ) حاکی از آن است که تغییرات رطوبت بستر تالاب میقان در این مدت مستقیماً و به میزان نسبتاً قابل توجهی تحت تأثیر نزولات جوی در منطقه مطالعاتی بوده است. برقراری ارتباط قوی و معنی‌دار بین شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده و میانگین

پژوهش‌های مرتبط با پایش تالاب‌ها با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور، از تصاویر ماهواره‌ای بافاصله زمانی ۳ سال و یا بیشتر بهره گرفته شده است؛ این در حالی است که به دلیل نوسانات شدید اقلیمی، جهت پایش دقیق‌تر اکوسیستم‌های مختلف، از جمله تالاب‌ها، بهتر است تصاویر در بازه زمانی کوتاه‌تر مورد بررسی قرار گیرد. لذا در این تحقیق با در نظر گرفتن این موضوع، از ۲۸ تصویر ماهواره‌ای مربوط به بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۳۹۶-۱۳۶۹) به منظور ارزیابی اثر خشک‌سالی‌های هواشناسی بر تغییرات رطوبتی تالاب میقان استفاده شده است. نتایج حاصل از بررسی شاخص بارش استاندارد شده (شکل‌های ۲ و ۳) نشان داد که در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۸، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ خشک‌سالی معمولی در منطقه مطالعاتی رخ داده است. بر اساس شاخص بارش و تبخیر و تعرق استاندارد شده، سال ۱۳۷۴، سال نرمال و خشک‌سالی به وقوع پیوسته در سال ۱۳۸۹ از نوع شدید بوده است؛ در حالی که وضعیت خشک‌سالی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۸، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ همانند نتایج به دست آمده از شاخص دیگر، از نوع خشک‌سالی معمولی بوده است. بررسی وضعیت رطوبتی تالاب میقان (شکل ۵) حاکی از آن است که بیشترین افت رطوبت تالاب متعلق در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ به وقوع پیوسته است که در برخی از این سال‌ها (۱۳۷۸، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲)، خشک‌سالی با درجات مختلف بر منطقه حاکم بوده و بقیه سال‌ها، از وضعیت نرمال برخوردار بوده‌اند. در این سال‌ها پدیده خشک‌سالی بر بسیاری از مناطق ایران و از جمله بر تالاب آق گل همدان که در نزدیکی منطقه مطالعاتی این تحقیق واقع شده است، حاکم بوده (۲) که تأییدکننده نتایج تحقیق این مرحله از پژوهش حاضر است. در مقابل و همان‌گونه که در شکل ۵ نیز نشان داده شده است، مقادیر مربوط به مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده فرسایش بادی (رطوبت سطح تالاب) در سال‌های ابتدایی بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۷۷-۱۳۶۹) بیشتر از دیگر سال‌های مورد بررسی بوده است. به عبارت دیگر، سطح پایداری تالاب میقان در این زیر بازه زمانی بیشتر از دو دهه

از طریق خودسازمان‌دهی، سطح تعادل جدید خود را حفظ کند و یا چنانچه اقدامات جدی و عملی جهت کاهش روند تخریب و بیابان‌زایی در منطقه صورت نگیرد، تشدید اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، افزایش وسعت شوره‌زارها در اطراف تالاب، افزایش تولید ریزگردهای شور، آسیب به اراضی کشاورزی محدوده مطالعاتی و دیگر آسیب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی را به دنبال داشته باشد.

### منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی خوسفی، ز.، ع. ولی، م. خسروشاهی و ر. قضاوی. ۱۳۹۶. بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گردوغبارهای داخلی با استفاده از تصاویر لندست و گل توفان (مطالعه موردی: شهر اصفهان). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶۴(۱): ۱۵۲-۱۶۴.
۲. امیری، م.، ع. کرباسی، م. ذوقی و م. سادات. ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییرات اقلیمی با تحلیل آزمون گرافیکی کندال و شاخص‌های خشک‌سالی (مطالعه موردی: حاشیه تالاب آق گل همدان). محیط‌شناسی، ۴۱(۳): ۵۴۵-۵۶۱.
۳. بیات، ر.، س. جعفری، ب. فرمزچشمه، و ا. چرخابی. ۱۳۹۵. مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی (مطالعه موردی: تالاب شادگان، خوزستان). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و منابع طبیعی، ۷(۲): ۱۷-۳۲.
۴. پیری، ح. و ح. انصاری. ۱۳۹۲. بررسی خشک‌سالی دشت سیستان و تأثیر بر تالاب بین‌المللی هامون. تالاب. ۱۵: ۶۳-۷۴.
۵. رحیمی بلوچی، ل.، آ. زرع کار و ب. ملک محمدی. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات زیست‌محیطی با استفاده از سنجش‌ازدور و شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی: تالاب بین‌المللی شادگان). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و منابع طبیعی، ۵(۲): ۶۱-۷۳.
۶. مکرونی، س.، سبزقبایی، غ.، یوسفی خانقاه، ش و س. سلطانیان. ۱۳۹۵. آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب هورالعظیم با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و منابع طبیعی، ۷(۳): ۸۹-۹۹.

شاخص اصلاح‌شده اختلاف آب نرمال شده ( $R = 0.71$ ) نیز بیانگر نقش مؤثر و توأم نزولات جوی و تبخیر و تعرق بر تغییر محتوای رطوبتی تالاب میقان است. اختلاف ضرایب همبستگی تخمین زده‌شده بر اساس این دو شاخص، به دلیل تأثیر پارامترهای ورودی و مؤثرتر بودن نقش کاهش بارندگی و افزایش تبخیر از سطح تالاب بر تشدید روند تخریب و گسترش سطح خشکیده آن است (۱۸ و ۲۱). در مطالعات گذشته، نقش خشک‌سالی‌های هواشناسی و به‌ویژه کاهش نزولات جوی و افزایش تبخیر بر کاهش ذخایر آبی تالاب‌ها توسط سایر پژوهشگران داخلی و خارجی (۱، ۲، ۴، ۱۴ و ۲۴) نیز به اثبات رسیده است که می‌تواند مؤید نتایج تحقیق حاضر باشد. در واقع نتایج مذکور، بیانگر آن است که ۳۴٪ تغییرات رطوبتی بستر تالاب میقان متأثر از کاهش نزولات جوی و ۵۲٪ به دلیل اثر توأم افزایش تبخیر و تعرق و کاهش نزولات جوی در محدوده تالاب میقان بوده است. به‌عبارت‌دیگر، ۴۹٪ روند خشکیدگی و بیابانی شدن در این منطقه تحت تأثیر دیگر عوامل اقلیمی، نوسانات سطح آب زیرزمینی، بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت‌ها و آبخوان‌های محدوده تالاب و تغییر کاربری اراضی بالادست این اکوسیستم ارزشمند بوده است که بررسی این موضوع در راستای اهداف تحقیق حاضر نیست و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی بدان پرداخته شود. به‌طورکلی و بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، تالاب میقان اکوسیستمی بسیار پیچیده است که باگذشت زمان از محتوای رطوبتی آن کاسته شده و بر وسعت نواحی خشکیده تالاب افزوده شده است. گرچه کاهش سطح مرطوب تالاب در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۶۹-۱۳۹۶) به‌طور منظم اتفاق نیفتاده و در برخی از سال‌ها با افزایش منابع تأمین‌کننده رطوبت تالاب، به‌صورت کوتاه‌مدت به سطح تعادل پیشین خود رسیده و پایداری خود را به دست آورده است، اما به نظر می‌رسد در اثر اعمال فشار فراتر از حد توان اکوسیستم، توانایی خودسازمان‌دهی در تالاب میقان کاهش یافته و درنهایت منجر به تخریب این اکوسیستم ارزشمند شده است. پیش‌بینی می‌شود که اگر چنین روندی ادامه پیدا کند و اکوسیستم نتواند

- Earth, Parts A/B/C, 103: 68-74.
19. Kazemzadeh M, Malekian A. 2016. Spatial characteristics and temporal trends of meteorological and hydrological droughts in northwestern Iran. *Natural Hazards*, 80(1): 191-210.
  20. McKee TB. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of 9th Conference on Applied Climatology*, Boston, 15-20 January: Dallas, TX, American Meteorological Society, 233-236.
  21. Ouria M, Sevinc H. 2016. The role of dams in drying up lake Urmia and its environmental impacts on Azerbaijani districts of Iran. *Saussurea* (ISSN: 0373-2525): 54-65.
  22. Pokhrel Y, Burbano M, Roush J, Kang H, Sridhar V, Hyndman D. 2018. A review of the integrated effects of changing climate, land use, and dams on Mekong river hydrology. *Water*, 10(3): 266-291.
  23. Rashki A, Arjmand M, Kaskaoutis D. 2017. Assessment of dust activity and dust-plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran. *Aeolian Research*, 24: 145-160.
  24. Rashki A, Kaskaoutis DG, Rautenbach Cd, Eriksson PG, Qiang M, Gupta P. 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*, 5: 51-62.
  25. Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. 2010. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7): 1696-1718.
  26. 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): 3025-3033.
  27. Zhang D. 2017. A coefficient of determination for generalized linear models. *The American Statistician*, 71(4): 310-316.
  28. Zhu C, Zhang X, Huang Q. 2018. Four decades of estuarine wetland changes in the Yellow River delta based on Landsat observations between 1973 and 2013. *Water*, 10(7): 933.
  29. Zhu L, Liu J, Cong L, Ma W, Ma W, Zhang Z. 2016. Spatiotemporal characteristics of particulate matter and dry deposition flux in the Cuihu wetland of Beijing. *PloS one*, 11(7): e0158616.
  30. Zhu W, Jia S, Lv A. 2014. Monitoring the fluctuation of Lake Qinghai using multi-source remote sensing data. *Remote Sensing*, 6(11): 10457-10482.
  31. Zohoorian-Pordel M, Bornaa R, Neisi H, Eslamian S, Ostad-Ali-Askari K, Singh VP, Dalezios NR, Ghane M, Matouq M. 2017. Assessment of Anthropogenic Influences on the Micro-Climature of Wetland Ecosystems: The Case of Hoor-Alazim Wetland in Iran. *International Journal of Mining Science (IJMS)*, 3(2): 34-51.
۷. نصرتی، ک، م. محسنی ساروی و ر. شهبازی. ۱۳۹۳. مقایسه و کاربرد دو شاخص بارش استاندارد شده و بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده برای ارزیابی وضعیت خشک‌سالی هواشناسی در استان تهران. نشریه مدیریت بیابان، ۲(۳): ۷۷-۹۰.
  ۸. ولی، ع. ع.، ز. ابراهیمی خوسفی، م. خسروشاهی و ر. قضاوی. ۱۳۹۶. تعیین میزان اهمیت تأثیر پارامترهای متعدد هیدرو اقلیمی بر خشکیدگی تالاب گاوخونی با به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های سنجش‌ازدور. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵(۱۲): ۷۹-۹۴.
  9. Abdi L, Rahimpour-Bonab H, Mirmohammad-Makki M, Probst J, Langeroudi SR. 2018. Sedimentology, mineralogy, and geochemistry of the Late Quaternary Meyghan Playa sediments, NE Arak, Iran: palaeoclimate implications. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19): 589.
  10. Chen H, Zhang W, Gao H, Nie N. 2018. Climate change and anthropogenic impacts on wetland and agriculture in the Songnen and Sanjiang Plain, northeast China. *Remote Sensing*, 10(3): 356-381.
  11. Deng H, Chen Y. 2017. Influences of recent climate change and human activities on water storage variations in Central Asia. *Journal of Hydrology*, 544: 46-57.
  12. Eslamian S, Eslamian FA. 2017. *Handbook of Drought and Water Scarcity: Environmental impacts and analysis of drought and water scarcity*. CRC Press, 689 pp.
  13. Gautam VK, Gaurav PK, Murugan P, Annadurai M. 2015. Assessment of surface water Dynamics in Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, supervised classification and KT transformation. *Aquatic Procedia*, 4: 739-746.
  14. Ghalibaf MB, Moussavi Z. 2014. Development and environment in Urmia Lake of Iran. *European Journal of Sustainable Development*, 3(3): 219-226.
  15. Guo M, Li J, Sheng C, Xu J, Wu L. 2017. A review of wetland remote sensing. *Sensors*, 17(4): 777.
  16. Hanasaki N, Yoshikawa S, Pokhrel Y, Kanae S. 2018. A global hydrological simulation to specify the sources of water used by humans. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(1): 789-817.
  17. Jawak S, Luis A. 2015. A rapid extraction of water body features from antarctic coastal oasis using very high-resolution satellite remote sensing data. *Aquatic Procedia*, 4: 125-132.
  18. Jia J, Huang C, Bai J, Zhang G, Zhao Q, Wen X. 2018. Effects of drought and salt stresses on growth characteristics of euhalophyte *Suaeda salsa* in coastal wetlands. *Physics and Chemistry of the*



## Evaluating and monitoring of moisture variations in Meyghan wetland using the remote sensing technique and the relation to the meteorological drought indices

Z. Ebrahimikhusfi<sup>1\*</sup>, M. Khosroshahi<sup>2</sup>, M. Naeimi<sup>3</sup>, S. Zandifar<sup>3</sup>

1. Assist. Prof. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman

2. Assoc. Prof. Forestry and Rangeland Research Institute of Iran, Agricultural Research and Development Organization, Tehran

3. Assist. Prof. Forestry and Rangeland Research Institute of Iran, Agricultural Research and Development Organization, Tehran

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 5 June 2019

Accepted 22 July 2019

Available online 11 August 2019

#### Keywords:

Dryness

Modified normalized difference water index (MNDWI)

Landsat images

Meyghan wetland

### ABSTRACT

Wetlands are one of the most important natural ecosystems that due to climate changes and recent droughts, their moisture levels have been reduced. The purpose of this study was to investigate the relationship between the Standardized precipitation, drought index (SPI) and Standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI) with mean values of Modified normalized difference water index (MNDWI) in Meyghan wetland. For this purpose, Landsat multitemporal images and climatic data related to the Arak synoptic station were used for the period of 28-year (1990-2017). After applying the necessary preprocessing on satellite images, MNDWI and its average values were computed for each year. In order to investigate the relationship between drought indices and mean values of MNDWI, the scatter diagram between them was delineated and the coefficient of determination obtained from the bivariate regression model was calculated. The results showed that the drying trend in Meyghan wetland during the study period was growing so that the average surface moisture of the wetland decreased from 0.36 in the initial years to -0.04 in the final years the coefficient of determination obtained from the fitting of the regression model between the SPI and MNDWI and between SPEI and MNDWI was estimated 0.34 and 0.51, respectively. These results indicate that 34% and 51% of the moisture changes in Meyghan wetland are explained by the SPI and SPEI, respectively.

\* Corresponding author e-mail address: [Zohreebrahimi2018@ujiroft.ac.ir](mailto:Zohreebrahimi2018@ujiroft.ac.ir)