DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2024.20315.1942

ارزیابی روند تغییرات پهنه آبی تالاب صالحیه در اثر احداث زهکش (مقالهٔ پژوهشی)

۱- مریم باقرپور، دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲- فرناز طباطبایی، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳- سلمان زارع*، استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
zaresalman@ut.ac.ir
۴- علی‌اکبر نظری‌سامانی، دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۵- قاسم قوهستانی، دانشجوی دکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰
پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵

چکیده
تالاب صالحیه، واقع در دو استان البرز و قزوین که در سال‌های اخیر خشک شده، باعث ایجاد گردوغبار در کشور شده است. هدف از این پژوهش، ارزیابی تغییرات رطوبت در تالاب صالحیه و بررسی نقش زهکش‌ها در خشک‌شدن بستر تالاب و ارتباط آن با وقوع گردوغبار است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷، ۸ و ۹ از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳، شاخص اصلاح‌شده تفاضلی آب نرمال (MNDWI) محاسبه شد. احداث زهکش‌ها باعث تغییر در محدوده آب‌گیری تالاب شده است؛ بنابراین، آزمون روند ناپارامتری من-کندال قبل و بعد از ساخت زهکش در دو محدوده آب‌گیری قبلی و کنونی انجام شد. همچنین، به‌منظور بررسی تأثیر و آسیب گردوغبار به شهرهای واقع در مسیر حرکت باد، داده‌های باد ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف تالاب با رسم نمودار گل‌طوفان تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد که در بازه زمانی موردمطالعه، روند کلی تغییرات رطوبت در تالاب صالحیه کاهشی بوده و شاخص MNDWI در اکثر سال‌ها منفی بوده است که به‌دلیل خشکسالی حاکم بر منطقه است. به‌دلیل کاهش رطوبت و خشک‌شدن بستر تالاب، پدیده گردوغبار و مشکلات حاصل از آن در شهرهای اطراف تالاب گسترش یافته است. بنابراین، لازم است تدابیری برای حفظ و مدیریت منابع آبی تالاب صالحیه و جلوگیری از خشک‌شدن آن نظیر بهینه‌سازی مصرف آب، جلوگیری از ساخت زهکش‌های نامناسب و استفاده از راهکارهای مختلف برای کاهش پدیده گردوغبار نظیر احداث بادشکن مکانیکی اتخاذ شود.

واژگان کلیدی: تغییرات رطوبت، خشکسالی، گوگل ارث انجین، MNDWI، گردوغبار، من-کندال، لندست.

مقدّمه
تالاب‌ها به‌عنوان یکی از پرثمرترین و حاصلخیزترین اکوسیستم‌ها در دنیا هستند و در کشور ایران، تالاب‌ها حدود شش درصد از سطح کره زمین را به خود اختصاص می‌دهند [۱۸]. اما به‌دلیل تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های اخیر از سطح مرطوب آن‌ها کاسته شده است که می‌تواند به‌عنوان یکی از کانون‌های گردوغبار محسوب شود [۷] و پیامدهایی مانند تعطیلی عمومی شهرها، کاهش تولیدات محصولات کشاورزی، کاهش کیفیت هوا و آب، افزایش بروز بیماری‌های متعدد تنفسی، چشمی و پوستی و تأثیر منفی بر زیستگاه‌های حیات‌وحش را به دنبال دارد [۲].

در کشور ایران، تالاب‌ها به‌دلیل ذخیره منابع آب جایگاه ویژه‌ای دارند. اما به‌دلیل تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های اخیر، بسیاری از تالاب‌ها خشک شده‌اند و

باعث ایجاد گردوغبار شده‌اند. تالاب صالحیه در دو استان البرز و قزوین یکی از تالاب‌هایی است که خشک شده و به کانون تولید گردوغبار تبدیل شده است [۹].

کاهش رطوبت خاک می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد کانون‌های گردوغبار محسوب شود. استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری و شاخص‌های ماهواره‌ای آب، یکی از روش‌های مناسب برای برآورد رطوبت خاک است [۱۲]. در این زمینه مطالعات مختلفی صورت گرفته است؛ از جملهٔ آن‌ها می‌توان به [۱۸] اشاره کرد که در آن تغییرات مکانی-زمانی دریاچه بوردور در ترکیه از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ با استفاده از تصاویر چندزمانی لندست +TM و ETM مورد ارزیابی قرارگرفته است. آنها از شاخص‌های NDWI[۱]، MNDWI[۲] و AWEI[۳] برای استخراج آب‌های سطحی استفاده کردند. نتایج روند کاهشی شدیدی در سطح دریاچه، خصوصاً در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ را نشان می‌دهد؛ زمانی که دریاچه تقریباً یک‌پنجم مساحت خود را نسبت به سال ۱۹۸۷ از دست داده است.

در پژوهشی ارزیابی اثر خشکسالی‌های هواشناسی بر تغییرات رطوبت تالاب میقان با استفاده از شاخص‌های MNDWI و WRI[۴] بررسی شد و نتایج نشان داد ضریب رطوبتی از ۰/۳۶ در سال‌های ابتدایی به ۰/۰۴- در سال‌های پایانی رسید؛ یعنی محتوای رطوبتی به مقدار قابل‌توجهی کاهش‌یافته است [۷].

محققان در تحقیقی با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS و محاسبه شاخص‌های دمای سطح زمین (LST[۵])، شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI[۶]) و شاخص رطوبت خاک عمودی (PSMI[۷]) تغییرات رطوبت خاک در تالاب هورالعظیم را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که کاهش رطوبت خاک و کاهش تراکم پوشش گیاهی منجر به افزایش دمای سطح زمین شده که این تغییرات شرایط محیطی تالاب بر فراوانی رخداد طوفان‌های گردوغبار اثر می‌گذارد [۱۹].

در پژوهشی، شاخص‌های ماهواره‌ای NDVI[۸]، NDWI، MNDWI، SWI[۹]، AWEI و WRI در تعیین سطح پهنه‌های آبی با استفاده روش مبنا صحت‌سنجی و محاسبه شد. نتایج نشان داد شاخص‌های MNDWI، AWEI و SWI در مقایسه با روش مبنا با مقادیر همبستگی به‌ترتیب معادل ۰/۷۶، ۰/۷۶ و ۰/۷۴ بهترین شاخص‌ها در تعیین مساحت تالاب هستند [۱۲].

با استفاده از شاخص MNDWI تغییرات سالانه سطح دریاچه مصنوعی در نورابیای غربی در بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ پایش شد. همین‌طور با استفاده از مدل‌ساز تغییرات کاربری زمین[۱۰]، وسعت سطح دریاچه در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ را پیش‌بینی شد. نتایج حاصل از شاخص MNDWI نشان داد که سطح آب‌های سطحی بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ به‌ترتیب از ۵۹۳ هکتار به ۸۳۳ هکتار افزایش‌یافته است [۳].

وسعت پهنه‌های آبی دریاچه فصلی جازموریان با استفاده از شاخص‌های سنجش‌ازدور MNDWI، AWEI و WRI استخراج شد. نتایج نشان داد آب‌گیری پلایای جازموریان با سیلاب‌های فصلی و افزایش بارش در حوضه ارتباط دارد و همبستگی زیادی (R^2 =۰/۸۹) بین بارش سالانه حوضه موردنظر و افزایش وسعت پهنه‌های آبی حاصل از شاخص MNDWI مشاهده‌شده است [۲۲].

محققان در پژوهشی به پایش تغییرات سطح آب و تأثیر آن بر دمای سطح تالاب‌های شادگان و هورالعظیم با استفاده از شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI پرداختند. نتایج نشان داد با توجه به دقت کلی ۹۵/۵ درصد و ضریب کاپای ۹۱ درصد، شاخص MNDWI نسبت به دو شاخص ذکرشده برتری دارد [۱].

در پژوهشی با استفاده از شاخص MNDWI و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، مساحت پهنه آبی دریاچه ارومیه را حدود ۳۱۰۷/۸۴۴ کیلومترمربع برآورد شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که استفاده از شاخص‌های مبتنی بر آب و رطوبت نظیر MNDWI و NDWI از قابلیت بالایی در

[1]- Normalized Difference Water Index
[2]- Modified Normalized Difference Water Index
[3]- Automated Water Extraction Index
[4]- Water Ratio Index
[5]- Land Surface Temperatures
[6]- Soil Adjusted Vegetation Index
[7]- Perpendicular Soil Moisture Index
[8]- Normalized difference vegetation index
[9]- Surface Wetness Index
[10]- Land Changes Modeler

ارتباط با جداسازی و استخراج پهنه آبی برخوردار است [۲۵].

تغییرات درون‌سالی و بین‌سالی پهنه آبی تالاب بین‌المللی شادگان در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ که به‌منظور درک تغییرات مکانی-زمانی این تالاب با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و شاخص MNDWI موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت، نشان داد در بازه زمانی موردمطالعه روند نزولی وجود داشته است. همین‌طور وسعت تالاب به‌دلیل تأمین آب از طریق رودخانه جراحی و مخازن بالادست در انتهای سال ۲۰۱۹ و ابتدای سال ۲۰۲۰ به اوج خود رسیده است [۲۰].

در طرحی پژوهشی، تغییرات رطوبت پهنه آبی تالاب صالحیه با فواصل زمانی پنج سال به پنج سال و تغییرات درون‌سالی با استفاده از شاخص AWEI بررسی شد [۱۷]. همچنین نقشه حساسیت‌پذیری ذاتی ذرات بستر تالاب صالحیه نیز تهیه گردید. نتایج تغییرات رطوبت درون‌سالی حاکی از آن بود که بستر تالاب هیچ‌گاه به‌طور کامل در تمامی ماه‌های سال مرطوب نبوده و در هرسال، تنها در یک دوره زمانی، پهنه آبی تشکیل شده است.

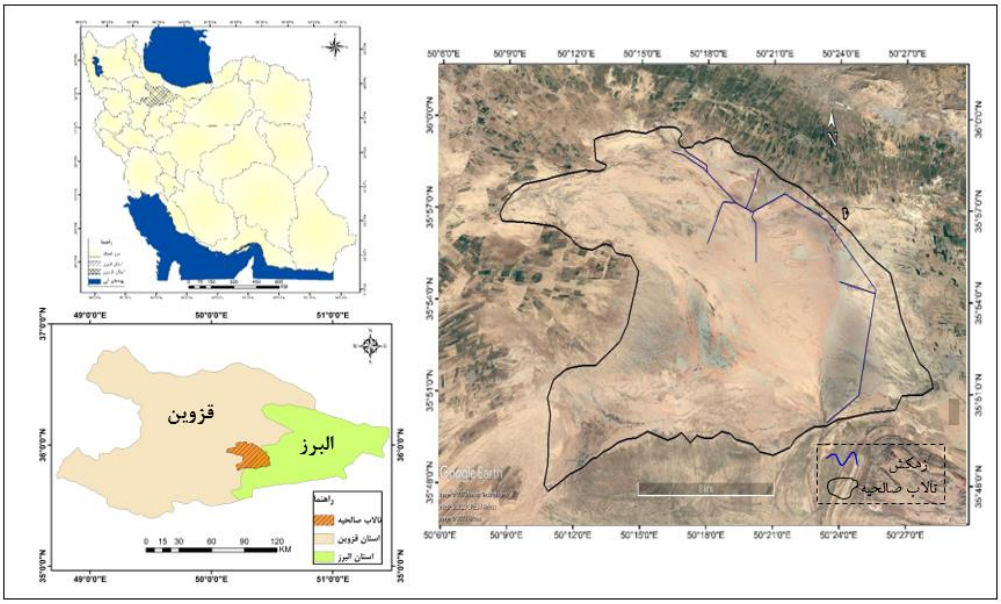
بروز گردوغبار و مشکلات ناشی از خشک‌شدن تالاب صالحیه، لزوم بررسی علل خشکیدگی آن را دوچندان می‌کند. با بررسی علل خشک‌شدن تالاب صالحیه، احداث زهکش در اراضی این تالاب به‌عنوان یکی از علل اصلی مطرح شده است. بنابراین، در پژوهش حاضر، برای ارزیابی تغییرات رطوبت خاک تالاب صالحیه، در دو بازه زمانی قبل و بعد از احداث زهکش، از شاخص MNDWI استفاده‌شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

تالاب صالحیه، یک تالاب فصلی و تنها تالاب استان البرز است که در شهرستان نظرآباد و حوزه دهستان احمدآباد قرار دارد (شکل ۱). بخش جنوبی بستر تالاب به جاده ملارد- اشتهارد- بوئین‌زهرا و بخش شمالی آن به جاده کرج- هشتگرد- آبیک محدود می‌شود. تالاب در گستره شرقی خود به روستاهای قارپوزآباد و نجم‌آباد و در گستره غربی خود به روستاهای خرم‌پشته و مشکین‌تپه محدود می‌شود.

این تالاب از رودخانه‌های ابهررود و خررود و تعدادی مسیل بزرگ و کوچک آب‌گیری می‌شود. ازجمله مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در منطقه می‌توان به ابهررود، خررود، شور، فشند و کردان اشاره کرد. بیش از ۲۰۰۰ گونه از انواع پرندگان در این تالاب مشاهده‌شده است. وسعت این تالاب بیش از ۱۰۰ هزار هکتار است و با توجه به کیفیت مناطق آب‌گیری شده، سطوح متفاوتی شامل مناطق نیمه عمیق، کم‌عمق و باتلاقی را در خود جای داده است [۵].



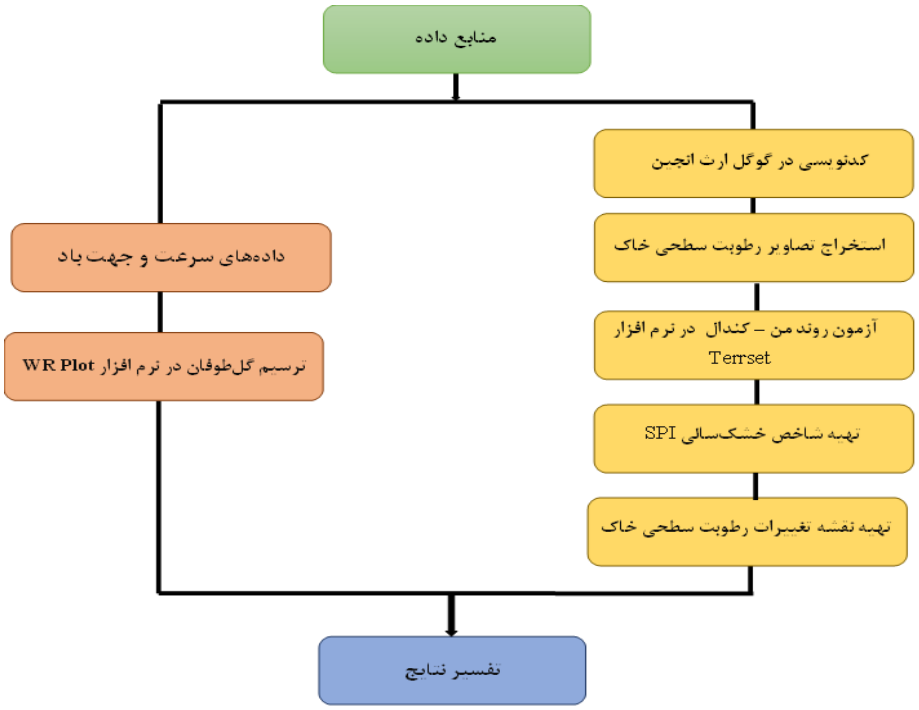
شکل ۱- موقعیت مکانی تالاب صالحیه

کانال زهکشی که در غرب اراضی تالاب وجود دارد، حداقل طولی حدود ۳۵ کیلومتر دارد که از این مقدار، ۲۰ کیلومتر آن در استان البرز واقع‌شده است و مسیر آن به رودخانه شور ملحق می‌شود. عرض زهکش حدود ۳ متر و عمق آن حدود ۲ متر می‌باشد [۱۰].

داده‌های مورداستفاده

این تحقیق مطابق با شکل ۲ صورت گرفت. به‌منظور انجام این تحقیق از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد. از پایگاه داده گوگل ارث انجین برای دریافت مجموعه تصاویر مربوط به سنجنده‌های TM، ETM+، OLI و OLI-2 ماهواره لندست ۵، ۷، ۸ و ۹ برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ مطابق با جدول ۱ استفاده شد. برای هرسال از ابتدای ماه مارس تا انتهای ماه می (۱۰ اسفند تا ۱۰ خرداد) به‌عنوان بازه زمانی موردمطالعه در نظر گرفته شد؛ زیرا بیشترین آب‌گیری تالاب مربوط به این بازه زمانی می‌باشد. این سامانه تصاویر را به‌صورت بازتاب زمینی (Surface Reflectance) در اختیار کاربران قرار می‌دهد بنابراین نیازی به تصحیحات اتمسفری به‌صورت جداگانه نیست [۲۲].

با استفاده از کدنویسی در سامانه گوگل ارث انجین، تصاویری که کمتر از ۳۰ درصد پوشش ابری دارند، انتخاب شد. سپس تصاویر برای مرز منطقه موردمطالعه برش داده شد. همچنین خطای راه‌راه‌شدگی برای تصاویر حاصل از لندست ۷ برطرف شد.



شکل ۲- فلوچارت روش تحقیق

جدول ۱- تصاویر استفاده‌شده در سامانه گوگل ارث انجین

بازه زمانی بارگیری تصاویر	سنجنده	ماهواره
۲۰۰۱-۱۹۹۰	TM	لندست ۵
۲۰۱۲-۲۰۰۲	ETM+	لندست ۷
۲۰۲۱-۲۰۱۳	OLI	لندست ۸
۲۰۲۳-۲۰۲۲	OLI-2	لندست ۹

شاخص MNDWI

شاخص اصلاح‌شده آب تفاضلی نرمال شده یا شاخص اصلاح‌شده MNDWI که از ترکیب باند سبز و مادون‌قرمز میانی ایجادشده است، اولین بار توسط Xu در سال ۲۰۰۶ پیشنهاد شد [۲۴].

در این شاخص باند مادون‌قرمز میانی به جای باند مادون‌قرمز نزدیک در شاخص NDWI جایگزین شده و طبق رابطه ۱ قابل محاسبه است.

$$MNDWI = \frac{Green-MIR}{GReen+MIR} \quad (۱)$$

که در آن، Green: باند سبز و MIR: باند مادون‌قرمز میانی است.

دامنه تغییرات شاخص ذکرشده بین ۱- تا ۱+ می‌باشد. مقادیر کمتر از صفر نشان‌دهنده عدم‌وجود آب و مقادیر بیشتر از صفر نشان‌دهنده وجود آب در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه شاخص MNDWI، رابطه ذکرشده در سامانه گوگل ارث انجین وارد شد. سپس برای هر ماهواره باندهای مرتبط با باند سبز و باند مادون‌قرمز میانی معرفی با وضوح مکانی ۳۰ متری خروجی گرفته شد.

تصاویر دانلود شده در نرم‌افزار ArcMap 10.8 در دو طبقه عدم‌وجود آب (مقادیر کمتر از صفر) و وجود آب (مقادیر بیشتر از صفر) کلاس‌بندی و نقشه شاخص MNDWI برای هرسال در بازه زمانی مورد مطالعه، تهیه شد. سپس معنی‌داربودن رابطه بین بارش و شاخص MNDWI برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ با محاسبه ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS بررسی گردید.

شاخص SPI

به‌منظور بررسی اثر خشکسالی در منطقه مورد مطالعه از شاخص بارش استاندارد (SPI: Standard Precipitation Index) استفاده شد. این شاخص برای اولین بار توسط مک کی [۱۶] مورداستفاده قرار گرفت.

با استفاده از رابطه ۲ این شاخص به‌صورت سالانه برای ایستگاه سینوپتیک قزوین که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه موردمطالعه می‌باشد، محاسبه گردید [۱۴]. سپس وضعیت خشکسالی منطقه طبق جدول ۲ طبقه‌بندی شد [۱۴].

$$SPI = \frac{P_i-P}{SD} \quad (۲)$$

که در آن، P_i: مقدار بارش سالانه (میلی‌متر)؛ P: میانگین بارش بلندمدت (میلی‌متر)؛ و SD: انحراف معیار بارش است.

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص SPI [۱۴]

وضعیت خشکسالی	شاخص SPI
کاملاً مرطوب	بزرگ‌تر از ۲
خیلی مرطوب	۱/۵ – ۱/۹۹
نسبتاً مرطوب	۱ – ۱/۵
مرطوب ملایم	۰ – ۰/۹۹
خشکسالی ملایم	-۰/۹۹ – ۰
خشکسالی متوسط	-۱/۴۹ - -۱
خشکسالی شدید	-۱/۹۹ -۱/۵
خشکسالی بسیار شدید	کم‌تر از ۲-

آزمون روند من-کندال

آزمون ناپارامتری من-کندال برای اولین بار توسط من [۱۵] ارائه شد. پس از آن، توسط کندال [۱۳] بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی گسترش پیدا کرد. از این آزمون برای بررسی روند داده‌ها در سری زمانی استفاده می‌شود. مقادیر بین (۱/۹۶- و ۱/۹۶+) در آزمون من-کندال بیانگر عدم‌وجود روند و تصادفی بودن داده‌ها و مقادیر کمتر از ۱/۹۶- بیانگر وجود روند منفی و مقادیر بیشتر از ۱/۹۶+ بیانگر وجود روند مثبت و معنی‌دار در داده‌هاست.

فرض صفر این آزمون بر مبنای تصادفی‌بودن و عدم‌وجود روند در سری داده‌هاست و پذیرش فرض یک یا به‌عبارتی رد فرض صفر دلالت بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد [۸].

به‌منظور بررسی روند تغییرات پهنه آبی تالاب، تصاویر مرتبط با سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ در نرم‌افزار Terrset وارد شدند. در این نرم‌افزار آزمون تحلیل روند من-کندال برای بازه‌های زمانی قبل از احداث زهکش (۱۹۹۰-۲۰۰۸) و پس از احداث زهکش (۲۰۰۹-۲۰۲۳) در دو منطقه آب‌گیری قبل از احداث زهکش و منطقه آب‌گیری فعلی صورت گرفت. سپس تصاویر حاصل‌شده در نرم‌افزار ArcMap طبقه‌بندی شدند و نقشه تغییرات رطوبت تالاب صالحیه در بازه‌های زمانی ذکرشده تهیه گردید.

جهت شناسایی بادهای غالب منطقه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک نظرآباد استفاده شد و با استفاده از نرم‌افزار WR PLOT گل‌طوفان تالاب صالحیه ترسیم شد. در انتها نتایج تحقیق حاضر با پژوهش [۱۷] مقایسه شد.

نتایج و بحث

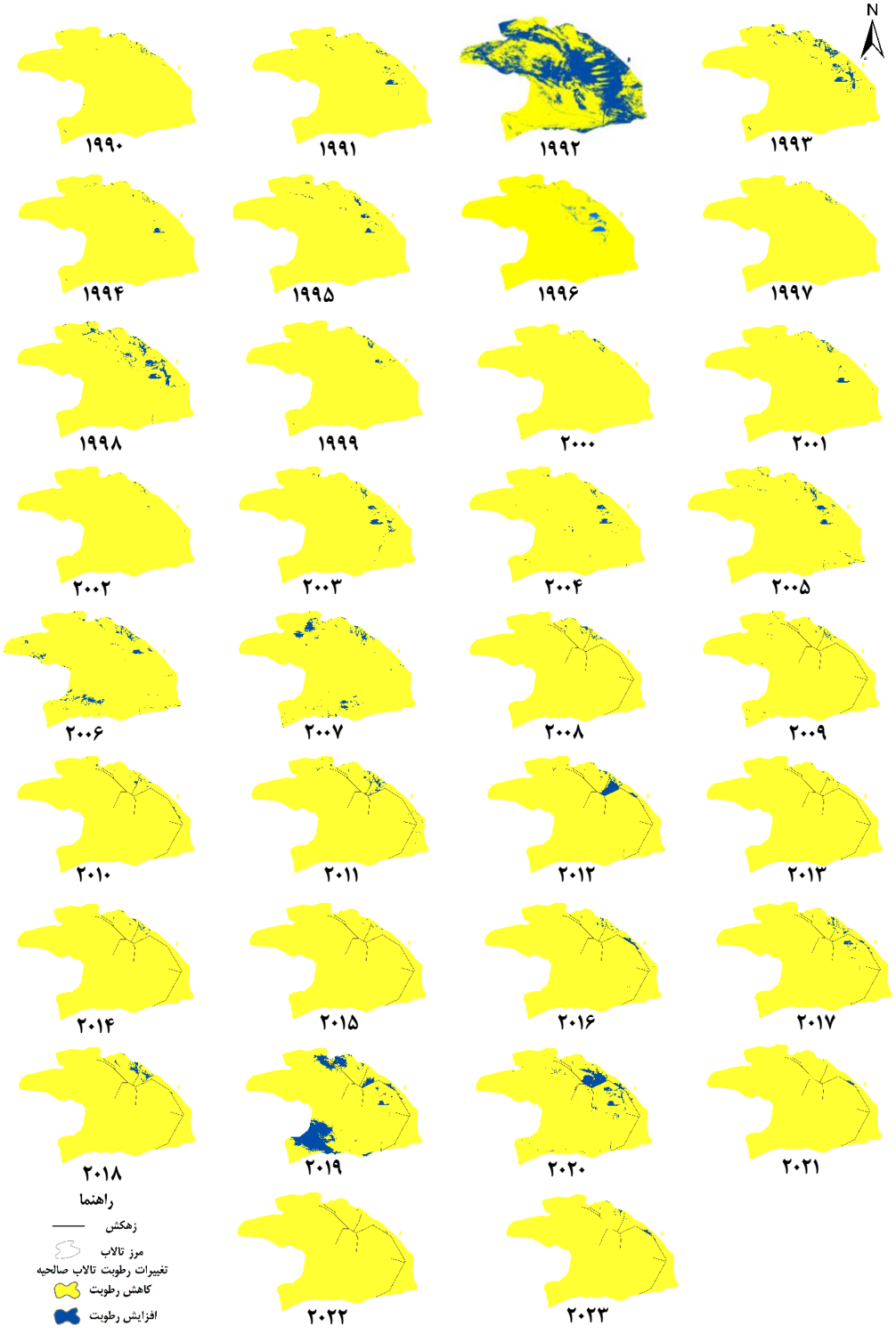
بر اساس مطالعات صورت گرفته، آشکار است که تالاب‌ها به‌دلیل فعالیت‌های انسانی به‌طور جهانی آسیب دیده‌اند که منجر به کاهش عملکردهای طبیعی آن‌ها شده است. فعالیت‌های انسانی، مانند زهکشی برای اهداف کشاورزی یا توسعه شهری، می‌تواند بر تالاب‌هایی مانند صالحیه تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد. زهکشی فرآیندهای آبی طبیعی تالاب را تغییر می‌دهد و منجر به کاهش سطح آب، ازدست دادن محیط‌زیست و تغییر در تعادل اکولوژیکی می‌شود. این موضوع منجر به آغاز فعالیت‌هایی برای بازسازی و ساخت تالاب‌ها شده است تا محیط‌زیست‌های گمشده برای جانوران و توابع نگهداری مواد مغذی به دست آید. علاوه بر این، توافق محدودی در مورد اثرات تالاب‌ها بر آب زیرزمینی وجود دارد و شکاف‌های دانشی حیاتی وجود دارد. از این‌رو، بررسی سطح آب در تالاب‌هایی مانند صالحیه برای درک تأثیر فعالیت‌های انسانی، به‌خصوص زهکشی، بر اکوسیستم بسیار حیاتی است [۴].

در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با پایش تالاب‌ها با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور، از تصاویر ماهواره‌ای با فاصله زمانی ۳ سال و یا بیشتر بهره گرفته شده است؛ این در حالی است که به‌دلیل نوسانات شدید اقلیمی، جهت پایش دقیق‌تر اکوسیستم‌های مختلف، ازجمله تالاب‌ها، بهتر است تصاویر در بازه زمانی کوتاه‌تر موردبررسی قرار گیرد. بنابراین، در این تحقیق با در نظر گرفتن این موضوع، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به بازه زمانی ۳۴ ساله (۲۰۲۳-۱۹۹۰) به‌منظور بررسی تغییرات رطوبت تالاب صالحیه با استفاده از شاخص MNDWI استفاده‌شده است (شکل ۳). زهکش احداث‌شده در سال ۲۰۰۸ نیز بر روی تصاویر قابل‌مشاهده است. با توجه به نقشه‌های تهیه‌شده، منطقه آبی تالاب در دو طبقه مقادیر کمتر از صفر که بیانگر عدم وجود آب و مقادیر بیشتر از صفر که بیانگر وجود آب است، طبقه‌بندی شده است.

بررسی شاخص MNDWI برای تالاب صالحیه حاکی از آن است که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ در اکثر سال‌ها منطقه آب‌گیری تالاب دارای رطوبت بوده است و در بقیه بخش‌های تالاب مقدار شاخص کمتر از صفر می‌باشد که ناشی از خشک و بدون‌آب‌بودن بستر تالاب است. با توجه به تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی در منطقه موردمطالعه در برخی از سال‌ها از جمله ۱۹۹۲، ۱۹۹۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به‌دلیل افزایش بارش بخش‌های زیادی از بستر تالاب دارای رطوبت بوده است که نشان‌دهنده ارتباط بین بارش‌ها و آب‌گیری تالاب می‌باشد.

برقراری همبستگی مثبت و معنی‌دار بین داده‌های بارش و شاخص MNDWI (جدول ۳) حاکی از آن است که تغییرات رطوبت بستر تالاب صالحیه در سال‌های

ذکرشده تحت تأثیر نزولات جوی بوده است. وضعیت خشکسالی از نظر شاخص SPI برای سال‌های ذکرشده به ترتیب برابر با نسبتاً مرطوب، مرطوب ملایم، مرطوب ملایم و خیلی مرطوب است (جدول ۴). محاسبه پهنه آبی تالاب صالحیه نیز در بازه مورد مطالعه نشان داد که بیشترین رطوبت در محدوده تالاب با توجه به مقدار میانگین شاخص MNDWI (۰/۲۶) مربوط به سال ۱۹۹۲ می‌باشد. از طرفی سال ۲۰۲۱ کم‌ترین رطوبت در منطقه را دارا است و میانگین شاخص MNDWI در این سال برابر با ۰/۲۲ – می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات رطوبت سالیانه تالاب صالحیه با استفاده از شاخص MNDWI

جدول ۳- بررسی همبستگی پیرسون بین داده‌های بارش و شاخص MNDWI

ضریب همبستگی پیرسون	۰/۴۹۵**
Sig	۰/۰۰۳
تعداد داده‌ها	۳۳

** = وجود معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۴- مقدار بارش و شاخص SPI ایستگاه سینوپتیک قزوین در بازه مورد مطالعه

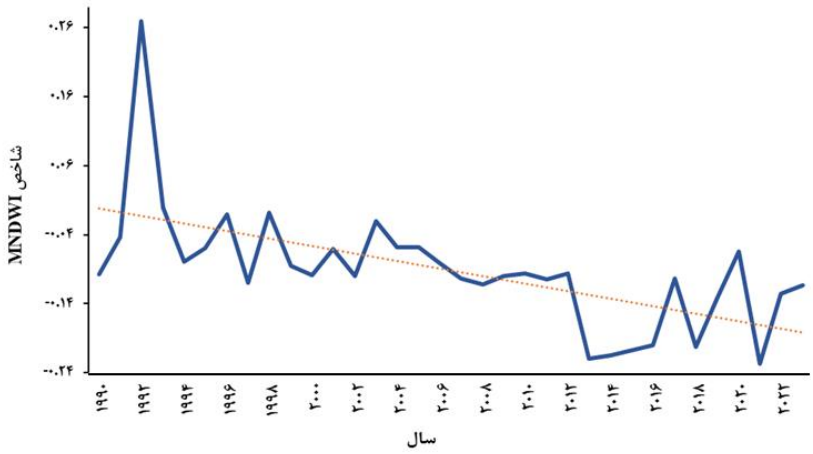
سال	مجموع بارش در بازه مورد مطالعه (میلی‌متر)	شاخص خشکسالی SPI	وضعیت خشکسالی
۱۹۹۰	۱۸/۷	-۰/۷۴۱۳۲	خشکسالی ملایم
۱۹۹۱	۱۲/۳	-۰/۹۰۹۹۵	خشکسالی ملایم
۱۹۹۲	۹۹/۳۲	۱/۳۸۲۹۰۲	نسبتاً مرطوب
۱۹۹۳	۲۹/۰۲	-۰/۴۵۹۴	خشکسالی ملایم
۱۹۹۴	۶۲/۹۶	۰/۴۲۴۸۶۷	مرطوب ملایم
۱۹۹۵	۵۷/۴۵	۰/۲۷۹۶۸۶	مرطوب ملایم
۱۹۹۶	۳۸/۰۵	-۰/۲۳۱۴۸	خشکسالی ملایم
۱۹۹۷	۱۰/۳۲	-۰/۹۶۲۱۲	خشکسالی ملایم
۱۹۹۸	۴۹/۷۵	۰/۰۷۶۸۰۲	مرطوب ملایم
۱۹۹۹	۵/۱۱	-۱/۰۹۹۴	خشکسالی متوسط
۲۰۰۰	۴/۸۳	-۱/۱۰۶۷۹	خشکسالی متوسط
۲۰۰۱	۱۰/۶۵	-۰/۹۵۳۴۳	خشکسالی ملایم
۲۰۰۲	۲۶/۴	-۰/۵۳۸۴۴	خشکسالی ملایم
۲۰۰۳	۳۷/۶۶	-۰/۲۴۱۷۵	خشکسالی ملایم
۲۰۰۴	۶۵/۷۸	۰/۴۹۹۱۷	مرطوب ملایم
۲۰۰۵	۱۸/۳۷	-۰/۷۵۰۰۲	خشکسالی ملایم
۲۰۰۶	۴/۹	-۱/۱۰۴۹۳	خشکسالی متوسط
۲۰۰۷	۲۴/۳۹	-۰/۵۹۱۴	خشکسالی ملایم
۲۰۰۸	۲/۱	-۱/۱۷۸۷۱	خشکسالی متوسط
۲۰۰۹	۲۶/۵۱	-۰/۵۳۵۵۴	خشکسالی ملایم
۲۰۱۰	۸۶/۶۱	۱/۰۴۸۰۱۲	نسبتاً مرطوب
۲۰۱۱	۶۰/۷۲	۰/۳۶۵۸۴۶	مرطوب ملایم
۲۰۱۲	۶۳/۴	۰/۴۳۶۴۶۱	مرطوب ملایم
۲۰۱۳	۸۹/۶۸	۱/۱۲۸۹۰۲	نسبتاً مرطوب
۲۰۱۴	۲۲/۶۱	-۰/۶۳۸۳	خشکسالی ملایم
۲۰۱۵	۵۸/۳۱	۰/۳۰۲۳۴۶	مرطوب ملایم
۲۰۱۶	۵۹/۰۱	۰/۳۲۱۷۹	مرطوب ملایم
۲۰۱۷	۳۶/۱۲	-۰/۲۸۲۳۳	خشکسالی ملایم
۲۰۱۸	۱۸۸/۲۹	۳/۷۲۷۱۳۷	کاملاً مرطوب
۲۰۱۹	۶۰/۴۸	۰/۳۵۹۵۲۳	مرطوب ملایم
۲۰۲۰	۱۰۴/۰۳	۱/۵۰۷۰۰۴	خیلی مرطوب
۲۰۲۱	۷۸/۵۲	۰/۸۳۴۸۵۱	مرطوب ملایم
۲۰۲۲	۳۳/۲۱	-۰/۳۵۹	خشکسالی ملایم

یافته‌های این مطالعه با تحقیقاتی قبلی در ارتباط با استفاده از شاخص MNDWI برای نظارت بر تغییرات محتوای رطوبتی تالاب‌ها سازگار است. برای مثال، یک مطالعه انجام‌شده نشان داد که شاخص MNDWI ابزار مفیدی برای نظارت بر تغییرات محتوای رطوبتی تالاب‌ها در دلتای رودخانه زرد چین است [۲۳].

به‌طورکلی، استفاده از شاخص MNDWI ابزار مفیدی برای نظارت بر تغییرات محتوای رطوبتی تالاب‌ها در طول زمان است. یافته‌های این مطالعه اطلاعات ارزشمندی را درباره محتوای رطوبتی تالاب صالحیه ارائه می‌دهد و اهمیت باران در حفظ محتوای رطوبتی تالاب‌ها را برجسته می‌کند. نیاز به تحقیقات بیشتر برای بهتر درک تأثیر تغییرات آب‌وهوا و فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های تالابی و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای حفظ و مدیریت آن‌ها وجود دارد.

با هدف جمع‌آوری زه‌آب و کاهش سطح آب زیرزمینی و آزادسازی اراضی کشاورزی و جلوگیری از پیشروی نمک طرح زهکش در اراضی تالاب صالحیه در سال ۱۳۸۸ اجرا شده است. طول این زهکش حداقل ۳۵ کیلومتر که حدود ۲۰ کیلومتر آن در استان البرز واقع است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، این امر سبب کاهش ناگهانی رطوبت و خشک‌شدن محدوده آب‌گیری تالاب و ایجاد منطقه آب‌گیری جدیدی در قسمت شمال زهکش شده است.

به‌منظور درک بهتر اثر زهکش در خشک‌شدن بستر تالاب، روند تغییرات رطوبت محدوده آب‌گیری قبل از احداث زهکش با استفاده از شاخص MNDWI به‌صورت نمودار در شکل ۴ آورده شده است. در سال ۲۰۱۳ یک شکستگی در نمودار قابل‌مشاهده است که احتمالاً ناشی از کاهش رطوبت و خشکیدگی بستر تالاب می‌باشد. هرچند تغییرات آب‌وهوایی و خشکسالی نیز تأثیر قابل توجهی بر روند خشکیدگی تالاب دارند، اما نتایج شاخص خشکسالی SPI نشان می‌دهد در این سال محیط تالاب در شرایط نسبتاً مرطوب قرار داشته است. بنابراین اثر زهکش بر کاهش مقدار رطوبت پررنگ‌تر از اثر خشکسالی می‌باشد.



شکل ۴- روند تغییرات رطوبت تالاب صالحیه با استفاده از شاخص MNDWI در محدوده آب‌گیری قبل از احداث زهکش

این یافته‌ها به‌دلیل برجسته‌کردن پیامدهای ناخواسته برنامه زهکشی بر اکوسیستم تالاب اهمیت دارد. کاهش ناگهانی رطوبت و خشک‌شدن مناطق جمع‌آوری آب دریاچه و ایجاد منطقه جمع‌آوری آب جدید در بخش شمالی زهکش نشان‌دهنده تغییرات در چشمه طبیعی تالاب است. تأثیر برنامه‌های زهکشی بر تالاب‌ها موضوعی است که در مطالعات محیط‌زیست موردتوجه قرار گرفته است. برای مثال، در مطالعه‌ای کیفیت آب تالاب‌ها را در مناطق سرد و خشک ارزیابی گردید و اهمیت درک تأثیرات اکولوژیکی مداخلات انسانی بر تالاب‌ها را برجسته شد [۶]. به‌طور مشابه، مطالعه انجام‌شده توسط سازمان همکاری بین‌المللی ژاپن (JICA) در مورد مدیریت یکپارچه حفاظت از اکوسیستم تالاب انزالی در ایران، برای

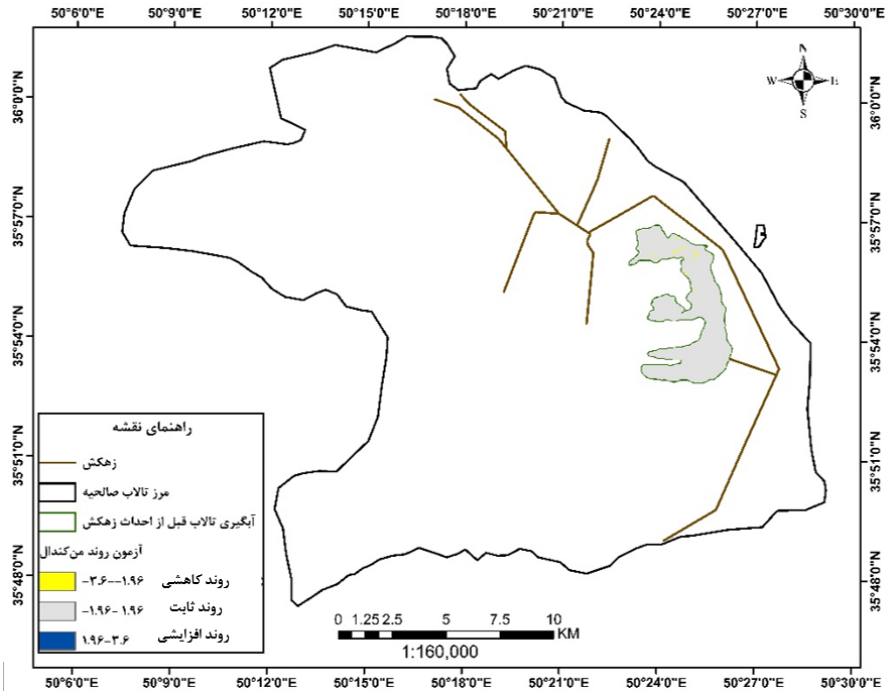
درک پیامدهای ناخواسته برنامه‌های زهکشی بر اکوسیستم‌های تالابی، بسیار مفید است [۱۱].

به‌طورکلی، برنامه زهکشی اجراشده در مناطق تالابی در سال ۲۰۰۸، پیامدهای قابل‌توجهی برای محتوای رطوبتی و تعادل اکولوژیکی تالاب داشته است. یافته‌ها نیاز به ارزیابی دقیق تأثیرات محیط‌زیستی چنین مداخلاتی را برجسته می‌کند و نیاز به روش‌های مدیریت پایدار برای حفظ اکوسیستم‌های تالابی را برجسته می‌کند.

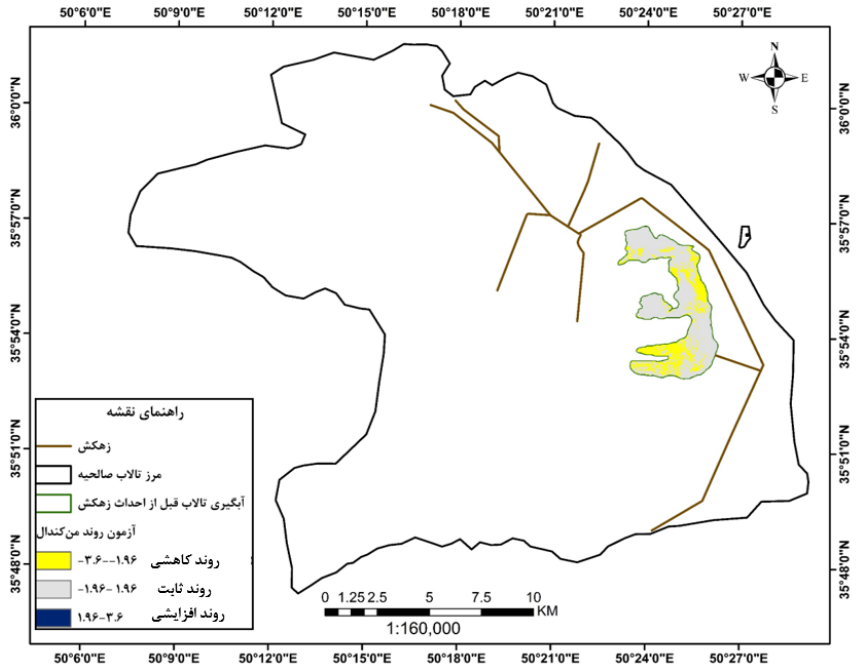
همان‌طور که ذکر شد، پس از احداث زهکش منطقه آب‌گیری تالاب تغییر کرده است؛ بنابراین، آزمون روند من-کندال در دو محدوده آب‌گیری قبل از احداث زهکش و محدوده آب‌گیری فعلی صورت گرفت. نقشه روند تغییرات رطوبت حاصل از آزمون روند من-کندال برای بازه زمانی قبل از احداث زهکش (سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۸) و پس از احداث زهکش (سال‌های ۲۰۰۹ -۲۰۲۳) در منطقه آب‌گیری قبلی تالاب (قبل از احداث زهکش) به‌ترتیب در شکل ۵ و ۶ روند تغییرات رطوبت حاصل از آزمون روند من-کندال برای بازه زمانی قبل از احداث زهکش (۲۰۰۹-۲۰۲۳) و پس از احداث زهکش (سال‌های ۲۰۰۹ -۲۰۲۳) در منطقه آب‌گیری فعلی تالاب به‌ترتیب در شکل ۷ و ۸ آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، تنها در حدود ۰/۶ درصد از قسمت‌های بستر تالاب روند کاهشی مشاهده می‌شود که ناشی از اثر خشکسالی بر منطقه است. حدود ۹۹/۴ درصد از محدوده تالاب از روند خاصی تبعیت نمی‌کند که نشان‌دهنده شرایط طبیعی حاکم بر تالاب می‌باشد، درنتیجه فرض یک آزمون روند من کندال پذیرفته نمی‌شود.

پس از احداث زهکش با تغییر محل آب‌گیری به بالای زهکش، آزمون روند من-کندال در حدود ۳۰ درصد از محدوده آب‌گیری سابق تالاب در بازه کمتر از ۱/۹۶- است که نشان‌دهنده روند کاهشی و پذیرش فرض یک می‌باشد (شکل ۶). به‌طورکلی، پس از احداث زهکش، روند کاهشی شاخص MNDWI در منطقه آبگیری سابق حدود ۹۷ درصد افزایش یافته است؛ درحالی‌که سطحی از این محدوده که هیچ روندی در آن وجود نداشت حدود ۳۶ درصد کاهش داشته است.

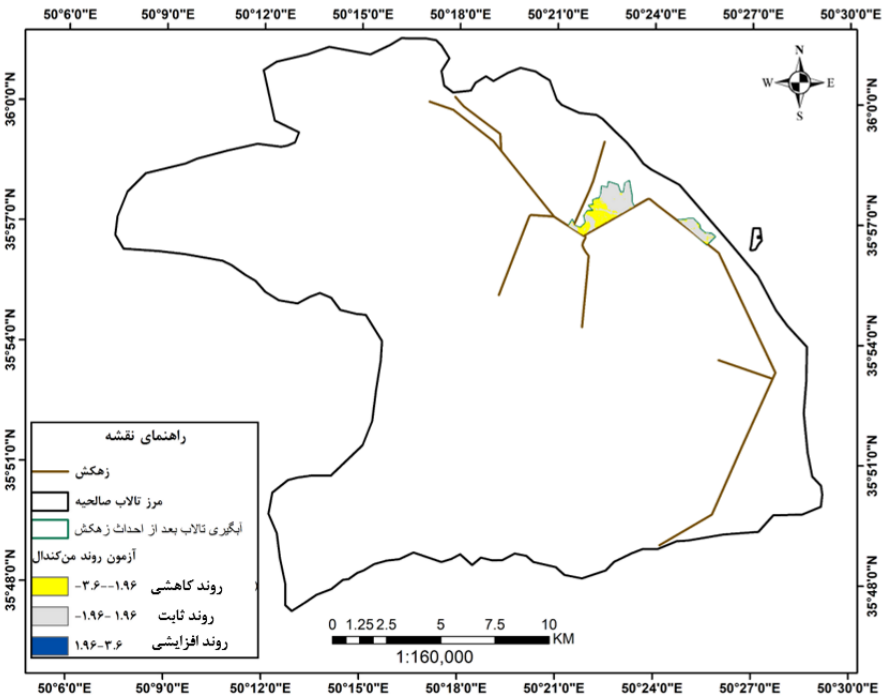


شکل ۵- روند تغییرات تالاب صالحیه با استفاده از آزمون من-کندال در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۰۸ قبل از احداث زهکش در محدوده آب‌گیری سابق تالاب



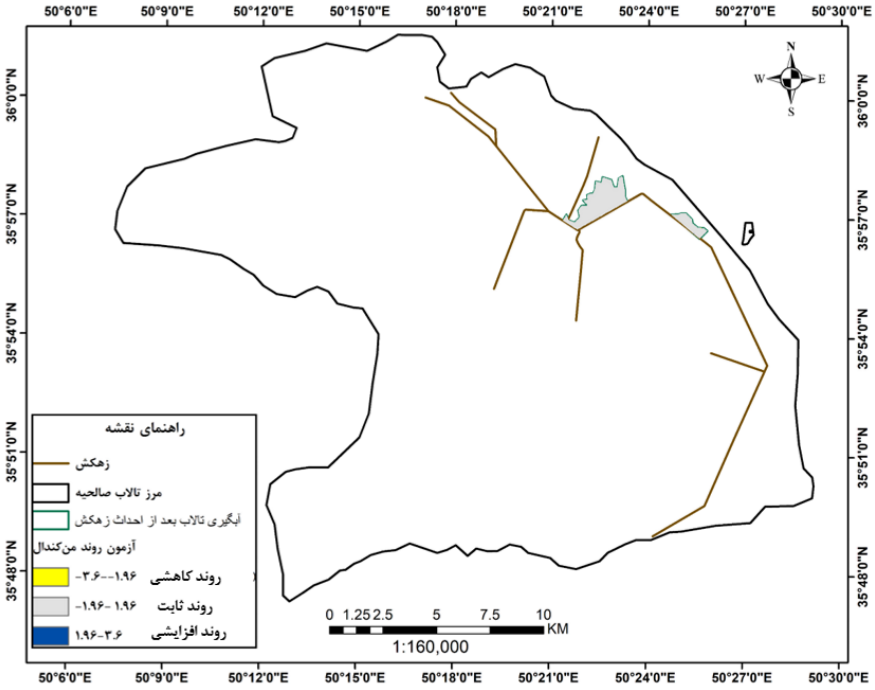
شکل ۶- روند تغییرات تالاب صالحیه با استفاده از آزمون من کندال در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ بعد از احداث زهکش در محدوده آبگیری سابق تالاب

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات رطوبت در منطقه فعلی تالاب صالحیه حاکی از آن است که در حدود ۶۳ درصد از محدوده آن به‌دلیل شرایط خشکسالی، روند منفی مشاهده می‌شود. ۳۷ درصد دیگر آن، از روند خاصی تبعیت نمی‌کند که به معنی عدم‌پذیرش فرض اول آزمون روند من کندال است (شکل ۷).



شکل ۷- روند تغییرات تالاب صالحیه با استفاده از آزمون من کندال در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ قبل از احداث زهکش در محدوده آبگیری فعلی تالاب

هرچند پس از احداث زهکش در منطقه آب‌گیری فعلی تالاب افزایش رطوبت وجود داشته است (شکل ۳)، اما به‌دلیل شرایط اقلیمی و کمبود بارش این افزایش رطوبت به‌اندازه‌ای نبوده است تا باعث ایجاد روند مثبت در آزمون من-کندال شود؛ در این محدوده فرض یک که دلالت بر وجود روند در داده‌ها می‌باشد، رد می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸- روند تغییرات تالاب صالحیه با استفاده از آزمون من کندال در بازه ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ پس از احداث زهکش در محدوده آبگیری فعلی تالاب

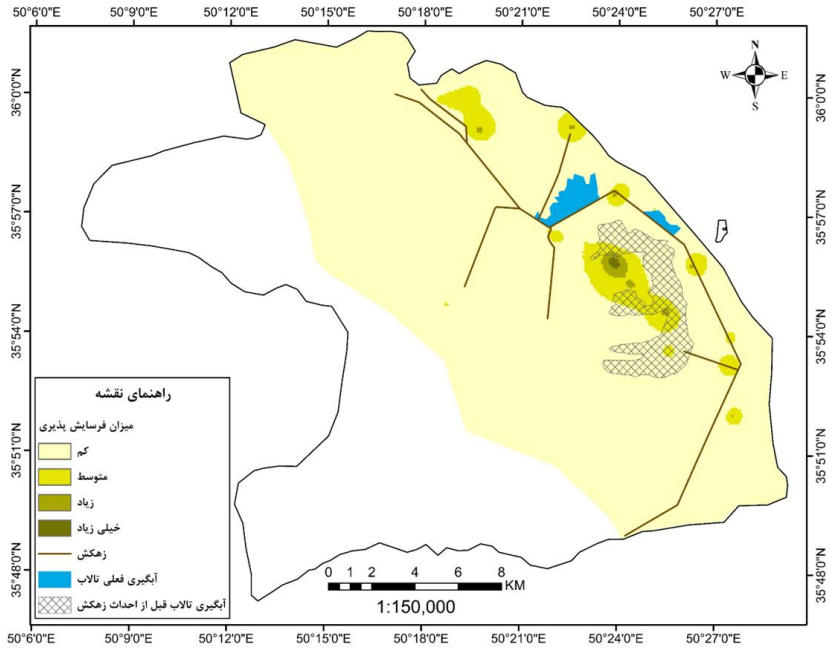
در حالت کلی، پس از احداث زهکش، سطحی از این محدوده که روند مشخصی در آن مشاهده نمی‌شود، حدود ۱۷۷ درصد افزایش یافته است. سطحی از منطقه آبگیری فعلی که روند کاهشی در آن مشاهده می‌شود حدود ۱۰۰ درصد نسبت به حالت قبل از احداث زهکش کاهش داشته است.

این یافته‌ها نشان می‌دهند که رابطه پیچیده‌ای بین ساخت زهکشی‌ها، محتوای رطوبتی تالاب و تأثیر تغییرات آب‌وهوا بر اکوسیستم‌های تالاب وجود دارد. نتایج نشان می‌دهند که برنامه زهکشی منجر به کاهش محتوای رطوبتی تالاب، به‌ویژه در منطقه جمع‌آوری آب، و ایجاد یک روند منفی در رطوبت در برخی از بخش‌های منطقه جمع‌آوری فعلی به‌دلیل شرایط خشکسالی شده است. بااین‌حال، شرایط طبیعی تالاب و کمبود باران تأثیر زهکشی بر محتوای رطوبت را محدود کرده‌اند، همان‌طور که فرضیه صفر آزمون روند من-کندال بیان می‌کند.

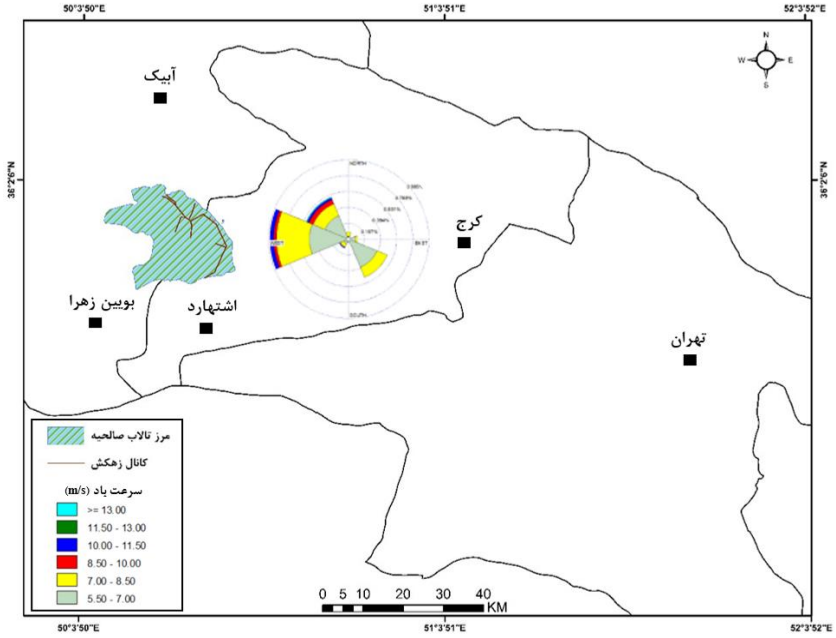
تالاب صالحیه نیز مانند اکثر مناطق کشور تحت تأثیر خشکسالی قرارگرفته است، بنابراین روند افزایشی در رطوبت بستر آن دیده نمی‌شود. منطقه‌ای که سابقاً آب‌گیری می‌شد اکنون دچار خشکیدگی شده و به یکی از کانون‌های بحرانی گردوغبار تبدیل‌شده است. نقشه حساسیت‌پذیری ذاتی ذرات بستر تالاب صالحیه حاصل از پژوهش [۱۷] در شکل ۹ نیز نشان حاکی از این موضوع است.

در بخش عمده‌ای از محدوده آب‌گیری قبل از احداث زهکش، فرسایش‌پذیری متوسط تا خیلی زیاد است. این امر سبب ایجاد گردوغبار در شهرها و روستاهای اطراف تالاب می‌شود. بررسی گل‌طوفان حاصل از داده‌های بادسنجی ایستگاه سینوپتیک نظرآباد که بر اساس سرعت آستانه فرسایش بادی ۵/۵ متر بر ثانیه تهیه شد، حاکی از آن است بادهای غالب منطقه از سمت غرب (W) و سمت شمال غرب (NW) می‌وزند. ۹۵ درصد از بادهای منطقه

سرعتی کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی دارند؛ یعنی بادهایی که سبب ایجاد گردوغبار می‌شوند تنها ۵ درصد از فراوانی کل بادها را شمال می‌شوند و روند کلی آن‌ها در راستای غربی و شمال غربی است. بنابراین با خشکیدگی بستر تالاب و ایجاد فرسایش بادی، شهرهایی که در مسیر حرکت باد از سمت تالاب قرار دارند بیشترین تأثیر را خواهند پذیرفت (شکل ۱۰).



شکل ۹- نقشه فرسایش‌پذیری بستر تالاب صالحیه حاصل از پژوهش [۱۷]



شکل ۱۰- گل‌طوفان ایستگاه سینوپتیک نظرآباد و موقعیت شهرهای اطراف تالاب صالحیه

گرچه کاهش سطح مرطوب تالاب در دوره آماری موردمطالعه (۲۰۲۳-۱۹۹۰) 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 به‌دست آورده است، اما به نظر می‌رسد در اثر اعمال فشار فراتر از حد توان اکوسیستم،

توانایی خودسازمان‌دهی در تالاب صالحیه کاهش یافته و درنهایت منجر به تخریب این اکوسیستم ارزشمند شده است. پیش‌بینی می‌شود که اگر چنین روندی ادامه پیدا کند و اکوسیستم نتواند 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 محیط‌زیستی، افزایش وسعت شوره‌زارها در اطراف تالاب، افزایش تولید گردوغبار، آسیب به اراضی کشاورزی محدوده مطالعاتی و دیگر آسیب‌های محیط‌زیستی و اجتماعی را به دنبال داشته باشد.

نتیجه‌گیری

طرح‌های توسعه، همراه با اثرات مثبت، می‌توانند اثرات منفی مستقیم و غیرمستقیمی روی محیط‌زیست داشته باشند و اگر این اثرات منفی به‌موقع مدیریت نشوند، می‌توانند منجر به نتایج و پیامدهای نامطلوب شوند. ساختار شبکه‌های زهکشی، برای مثال، می‌تواند اثرات محیطی منفی و غیرمطلوبی را در بلندمدت به همراه داشته باشد که بر محیط طبیعی و فیزیکی و همچنین بر انسان‌ها تأثیر می‌گذارد. تأثیر خشکسالی، کاهش بارش و بهره‌برداری نامناسب از محیط‌زیست، مانند نابودی گیاهان، استفاده بیش از حد از منابع آب و پروژه‌های جمع‌آوری آب سطحی، باعث خشک‌شدن تالاب صالحیه و گسترش پدیده گردوغبار شده است که باعث ایجاد مشکلات و ناکارآمدی‌های مختلفی در منطقه شده است.

ساخت شبکه‌های زهکشی می‌تواند اثرات احتمالی محیط‌زیستی سوء و منفی را در درازمدت به همراه داشته باشد. اثراتی که گاه برای طراحان، مجریان و بهره‌برداران این‌گونه شبکه‌ها، ناشناخته و یا غیرقابل پیش‌بینی است و یا دارای اهمیت نیست. این آثار تخریبی ممکن است در بالادست و پایین‌دست محدوده پروژه گسترش یابد و بر محیط‌زیست طبیعی و فیزیکی و انسان تأثیر بگذارد که این امر ضرورت ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از این طرح‌ها را به‌عنوان یک ابزار برنامه‌ریزی و مدیریتی نمایان می‌سازد.

بررسی‌های میدانی و مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد زهکش ایجادشده، خروج آب و رطوبت منطقه را شدت بخشیده و خشک‌شدن پهنه تالاب را تسریع می‌نماید. درگذشته این عمل در مدت زمان طولانی‌تر و این روند به‌طور طبیعی شکل می‌گرفت. همچنین ایجاد جاده دسترسی نیز جریان طبیعی آب را مختل کرده و خود نیز به مانند مانعی از پخش‌شدن آب سطحی به غرب جاده جلوگیری می‌نماید. با توجه به نقشه‌های موجود، خاک در این ناحیه فرسایش‌پذیر بوده و هرگونه دخالت و دست‌کاری در روند طبیعی آن آثار زیان‌بار خود را در سال‌های آتی رقم خواهد زد.

در سال‌های اخیر به‌دلیل خشکسالی‌های مداوم، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی محیط به همراه بهره‌برداری غیرخردمندانه محیط‌زیست، نظیر تخریب پوشش گیاهی، استفاده بی‌رویه از منابع آبی و اجرای طرح‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و احداث زهکش سبب خشک‌شدن تالاب قاپوزآباد شده است. نتیجه خشک‌شدن این تالاب و کاهش رطوبت خاک در منطقه، گسترش شدید پدیده گردوغبار و انتشار گردوغبارها شده است.

در حال حاضر، دشت نظرآباد از کانون‌های مهم محلی تولید گردوغبار در استان البرز شناخته می‌شود. گسترش پدیده گردوغبار مشکلات و نارسایی‌های متعدد را ایجاد می‌کند؛ برخی از این نارسایی‌ها در حوزه‌های تخریب محیط‌زیست و اکوسیستم منطقه، ابتلا به انواع بیماری‌ها ازجمله نارسایی‌های قلبی و تنفسی و تهدید سلامت عمومی، نارضایتمندی اجتماعی و شهروندی و کاهش تولید و بهره‌وری، مهاجرت اجباری و در آخر، ایجاد نگاه منفی به دستگاه‌های رسمی به‌دلیل عدم‌توانایی در حل مسئله را شامل می‌شود.

در پژوهش حاضر، تأثیر احداث زهکش بر خشک‌شدن بستر تالاب صالحیه با استفاده از شاخص MNDWI بررسی‌شده است. شاخص MNDWI یک شاخص تصویری است که برای تعیین میزان رطوبت سطح زمین استفاده می‌شود. این شاخص بر اساس تفاوت بین بازتاب نور در باند مادون‌قرمز و نزدیک به مادون‌قرمز طراحی‌شده است.

با استفاده از این شاخص، پهنه آبی تالاب محاسبه‌شده و روند کلی تغییرات رطوبت تالاب در بازه زمانی موردمطالعه بررسی‌شده است. نتایج نشان داد که رطوبت تالاب صالحیه در طول سال‌های موردمطالعه کاهش داشته است که علت آن، اثرات خشکسالی حاکم بر منطقه است؛ بنابراین، شاخص MNDWI در اکثر سال‌ها عددی منفی می‌باشد.

در بعضی از سال‌ها، برای مثال در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، رطوبت افزایش یافته و شاخص MNDWI در بخش عمده تالاب عددی مثبت است که نشان‌دهنده افزایش آب‌گیری در آن سال می‌باشد. بین افزایش بارندگی و افزایش رطوبت بستر تالاب ارتباط مستقیمی وجود دارد که تحقیقات سایر محققان در این زمینه تأکیدی بر این موضوع می‌باشد.

ساخت کانال‌های زهکش در سال ۲۰۰۸ که هدف از آن جمع‌آوری زه‌آب و جلوگیری شورشدن اراضی بوده است، مانع از انتقال آب به بستر آب‌گیری تالاب در اراضی پایین‌دست خود و ایجاد یک منطقه آب‌گیری جدید در بالادست زهکش شده است. بنابراین، اثر خشکسالی حاکم بر منطقه و ساخت کانال‌های زهکش سبب تغییر منطقه آب‌گیری تالاب و خشکیدگی ناحیه آب‌گیری سابق شده است. نتیجه خشک‌شدن تالاب و کاهش رطوبت آن، گسترش شدید پدیده گردوغبار و تبدیل‌شدن اراضی تالاب به یکی از کانون‌های تولید گردوغبار در استان البرز و قزوین است.

برای مقابله با این مشکلات، لازم است اقدامات مناسبی انجام شود. برای مثال، می‌توان از بادشکن‌های مکانیکی جهت تثبیت خاک و جلوگیری از بروز گردوغبار استفاده کرد. در کنار آن می‌توان از روش‌های مدیریت منابع آب استفاده کرد تا آب تالاب به بهترین نحو ممکن مدیریت شود و از خشک‌شدن بیش‌تر آن جلوگیری شود. درعین‌حال، با توجه به اهمیت تالاب‌ها، لازم است قبل از انجام هرگونه اقدامی نظیر ساخت کانال‌های زهکش، به عوارض محیط‌زیستی احتمالی آن توجه شود تا از بروز تأثیرات منفی بر روی منابع زیستی آب‌وخاک جلوگیری شود.

References

[1]. Amiri, K., Seyed kaboli, H., & Mahmoodi-kohan, F. (2021). Study and monitoring of wetland area changes and its impact on wetland surface temperature using NDWI, MNDWI, and AWEI indices (case study: Hor-alazim and Shadegan wetlands). *Irrigation Sciences and Engineering*, *44*(4),59-74. doi:10.22055/jise.2020.31854.1898 [in Farsi]

[2]. Bagherzadeh Karimi, M. (2014). Management of wetlands in Iran. *Peik Andisheh Amozegar press.* [in Farsi]

[3]. Bakr, N., & Abd El-Kawy, O. R. (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, 110950. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110950

[4]. Bring, A., Thorslund, J., Rosen, L., Tonderski, K., Aberg, C., Envall, I., & Laundon, H. (2022). Effects on ground water storage of restoring, constructing or draining wetlands in temperate and boreal climates: a systematic review. *Environmental Evidence*, *11*(1), 38. doi:10.1186/s13750-022-00289-5 S

[5]. Doroudi, H. (2018). Breeding report of Greater Sand Plover Charadrius leschenaultii (Lesson, 1826) in Salhiyeh Lagoon (Karpozarbad) Nazarabad. *Zist Sepehr Student Magazine*, *13*(1), 1-6. [in Farsi]

[6]. Ebrahimi Dorche, E. E. Fathi, P. Ofogh, A. E. (2019). Wetland water quality assessment in cold and dry regions (Case study: Choghakhor wetland, Iran). Limnol Review, 19(2), 57-75. doi: 10.2478/limre-2019-0006

[7]. Ebrahimikhusfi, Z., Khosroshahi, M., Naeimi, M., & Zandifar, S. (2019). Evaluating and monitoring of moisture variation in Meyghan wetland using the remote sensing technique and the relation to the meteorological drought indices. RS & GIS for Natural Resources, 10(2), 1-14. doi: 10.22052/deej.2021.11.36.1 (in Farsi)

[8]. Ghassab Feiz, M., & Eslami, H. (2017). Variations trend evaluation of rainfall using

Mann-Kendall and linear regression in Khuzestan province. *Quarterly Journal of water engineering (Islamic Azad University-Shoushtar Branch)*, *5*(2), 113-121. [in Farsi]

[9]. Hojati, K., Abedi, Z., Raigani, B., & Panahi, M. (2022). Assessment of land sensitivity to determine areas dust sources (Case study: Alborz province). *Journal of Environmental Science and Technology (Islamic Azad University-Science and Research Branch)*, *23*(11), 151-164. doi: 10.30495/JEST.2021.55807.5184 [in Farsi]

[10]. Hosseini Tayefeh, F., Mashayekhi, H., Ghayomi, R. & Ghorbanzadeh Zaferani, S. G. (2017, February). *The effect of drains and surface water collection system on Salehieh wetland, Alborz province*. 6nd national conference on health and environment sustainable development. Bandar Abbas, Iran. https://civilica.com/doc/652351 [in Farsi]

[11]. Japan International Cooperation Agency (JICA) (2005). The Study on Integrated Management for Ecosystem Conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran, Final Report. Nippon Koei Co. LTD.

[12]. Javadi, F., Rezayan, S., & Jozi, S. A. (2020). Evaluating Satellite Indicators in Determining the Level of Aquatic Areas Using Satellite Sensors (Case Study: Zaribar Wetland, Kurdistan Province). *Iranian journal of Ecohydrology*, *7*(2), 539-550. doi: 10.22059/ije.2020.295355.1267 [in Farsi]

[13]. Kendall, M. G. (1970). Rank Correlation methods, 2nd Ed., New York, Hafner.

[14]. Malakiya, A. D., & Suryanarayana, T. M. (2016). Assessment of Drought Using Standardized Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI): A Case Study of Amreli District. *International Journal of Science and Research*, *5*(8): 1995-2002.

[15]. Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, *13*(3), 245-259. doi: 10.2307/1907187

[16]. McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. 8th Conference on Applied Climatology, Boston, USA.

[17]. National environmental fund (2022). *Preparation of a comprehensive program for the restoration and protection of Salehiyeh and Allahabad wetlands with the approach of water resources management to prevent the development of dust hotspots*, Unpublished manuscript. [in Farsi]

[18]. Salmanmahine, A., & safidiyan, S. (2013). A Hydrological Classification of International Wetlands of Iran. *Environmental Researches*, *3*(6), 45-56. [in Farsi]

[19]. Sedaghat, M., & Nazaripour, H. (2020). Monitoring variability of soil moisture in Hour-al-Azim Wetland and its relation to dust storms in southwest Iran. *Journal of Geographical Data (SEPEHR)*, 29(114), 133-145. doi:10.22131/sepehr.2020.44598 [in Farsi]

[20]. Seyed Mousavi, S. M., & Akhoondzadeh, M. (2023). a quick seasonal detection and assessment of international shadegan wetland water body extent using google earth engine cloud platform, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. X-4/W1-2022, 699-706. doi: 10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-699-2023,

[21]. Solimani Sardo, M., Ebrahimi, Z., & Zarei, M. (2021). Extraction of surface water zones of seasonal Jazmourian Lake using remote sensing indicators. *Physical Geography Quarterly (Islamic Azad University-Larestan Branch)*, *13*(53), 119-134. [in Farsi]

[22]. Soltani, N., & Mohammadnejad, V. (2021). Efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in land use change assessment and predicting it using CA-Markov model (Case study of Urmia plain). *Journal of RS and GIS for natural resources*, *12*(3), 101-114. [in Farsi]

[23]. Xu, H. (2005). A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Journal of Remote Sensing of Bulletin* 9(5), 589-595. doi: 1007-4619(2005)05-0589-07

[24]. 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, doi: 10.1080/01431160600589179

[25]. Yousefiroshan, M. (2022). Estimation of Lake Urmia water area using Landsat 8 satellite imagery using MNDWI Index. *Geography (Scientific Quarterly of the Iranian Geographical Society)*, *20*(74), 165-186. [in Farsi]

Evaluating the changes in the water body of Salehiyeh Wetland caused by the construction of drainage
(Research Paper)

1- Maryam Bagherpour, M.Sc. Student, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- Farnaz Tabatabaie, M.Sc. Graguate, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
3- Salman Zare*, Assistant Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
zaresalman@ut.ac.ir
4- Ali Akbar Nazari Samani, Associate professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
5- Ghasem Ghoohestani, Ph.D. student, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 11 Jul. 2023
Accepted: 24 Feb. 2024

Abstract
Salehiyeh Wetland, located in Alborz and Qazvin provinces, is one of the wetlands that has dried up in recent years and has become a center for dust production. The aim of this study is to evaluate the trend of changes in moisture in Salehiyeh Wetland and investigate the role of drainage channels in the drying of the wetland bed. To achieve this goal, the MNDWI index was calculated using Landsat 5, 7, 8, and 9 satellite images from 1990 to 2023. The construction of drainage channels has caused some changes in the wetland catchment area. Therefore, the non-parametric Mann-Kendall test was performed before and after the construction of drainage channels in two previous and current catchment areas. Also, the wind data from synoptic stations around the wetland were analyzed by drawing the storm rose diagram. The results of the study show that the overall trend of changes in moisture in Salehiyeh Wetland during the study period has been decreasing, and the MNDWI index has been negative in most years due to the drought prevailing in the region. Due to this, the phenomenon of dust and the problems resulting from it have spread to the surrounding cities. Therefore, measures need to be taken to preserve and manage the water resources of Salehiyeh Wetland and prevent its drying, such as optimizing water consumption, preventing the construction of inappropriate drainage channels, and using various solutions such as implementation of mechanical windbreak to reduce the sand and dust storm.

Keywords: Moisture changes, Drought, Google Earth Engine, MNDWI, Dust storm, Mann-Kendall, Landsat.