

## بررسی روند تغییرات مساحت آب تالاب شادگان و ارتباط آن با خشک‌سالی

### هیدرولوژی و زه‌آب‌نیشکر

فاطمه درگاهیان<sup>۱\*</sup>، محمد خسروشاهی<sup>۲</sup>، سکینه لطفی نسب اصل<sup>۳</sup>

۱. استادیار، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲. دانشیار، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.  
khosro@rifr-ac.ir

۳. استادیار، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.  
s.lotfinasab@gmail.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

#### چکیده

تالاب‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش حیاتی را در اکوسیستم منطقه ایفا می‌کنند. خشک شدن تالاب‌ها می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی؛ کاهش بارش، افزایش دما، افزایش تبخیر، خشک‌سالی و عوامل انسانی؛ کاهش دبی ورودی در جهت بهره‌برداری آب در شبکه‌های کشاورزی و نگهداری آن در سدها و بندهای خاکی بالادست باشد. به منظور بررسی ارتباط خشک‌سالی هیدرولوژی و نقش آن بر تغییرات مساحت آب تالاب شادگان از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI)<sup>۱</sup> برای حوضه آبریز جراحی با تعداد ۱۰ ایستگاه که دارای طول دوره آماری ۳۰ سال بود، استفاده شد. ویژگی‌های خشک‌سالی هیدرولوژی شامل فراوانی، تداوم و بزرگی به صورت دهه‌ای برای حوضه آبریز تالاب محاسبه و تحلیل شد. از داده‌های سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ خردادماه سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست برای پایش سطح آب تالاب شادگان استفاده شد. سه مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش روی تصاویر انجام شد و با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده با روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)<sup>۲</sup> تصاویر در سه طبقه آب، پوشش گیاهی و بدون پوشش یا خاک طبقه‌بندی شدند. دقت طبقه‌بندی برای تصاویر با استفاده از دو شاخص، دقت کلی و کاپا محاسبه شد. تغییرات دبی ایستگاه هیدرومتری شادگان به عنوان آخرین ایستگاه ورودی رودخانه جراحی به تالاب و سایر منابع آب ورودی به تالاب که دبی آن قابل اندازه‌گیری و اطلاعات آن موجود بود، مانند زه‌آب‌های نیشکر محاسبه و مقادیر آن‌ها با تغییرات مساحت آب تالاب مقایسه شد. نتایج نشان داد باوجودی که در حوضه آبریز تالاب فراوانی، تداوم و بزرگی خشک‌سالی در دهه گذشته نسبت به سایر دهه‌ها افزایش داشته، مساحت آب تالاب روند افزایشی داشته است. مساحت آب تالاب در دهه گذشته با دبی خروجی از آخرین ایستگاه هیدرومتری شادگان همخوانی نداشت اما با آب ورودی از زه‌آب نیشکر و دبی شادگان مرتبط بود. بنابراین، زه‌آب نیشکر صرف نظر از کیفیت آن با توجه به شدت و تداوم و بزرگی خشک‌سالی در دهه گذشته در احیاء تالاب شادگان به عنوان یک اکوسیستم زنده نقش مهمی داشته است.

#### کلیدواژه

اکوسیستم تالابی، خشک‌سالی هیدرولوژی، رودخانه جراحی، زه‌آب نیشکر.

## سرآغاز

تالاب بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های بزرگ کشور است که در مرداد ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر قرار گرفت. این تالاب با تنوع زیستی بسیار زیاد و کارکردهای متنوع مانند کنترل سیلاب، تعدیل هوا، کنترل فرسایش خاک و تأمین معیشت بخشی از جوامع انسانی از اهمیت زیادی برخوردار است و از جنبه‌های گوناگون مورد مطالعه پژوهشگران بوده است. پژوهش‌های زیادی از جنبه اکولوژی و زیستی تالاب انجام شده است؛ پایش اکولوژی تالاب شادگان در دوره‌ای یک‌ساله با هدف بررسی تغییرات اکولوژیکی و مقایسه وضعیت آن با گذشته (خلفه نیل ساز، ۱۳۹۵). بررسی کیفیت آب تالاب و تأثیر آن بر تنوع زیستی تالاب با استفاده از شاخص هیلسنهوف (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۲)، مدیریت زیست‌محیطی تالاب، پهنه‌بندی و بوم‌سازگان طبیعی تالاب شادگان (لطفی، ۱۳۸۱)، نیاز آب زیست‌محیطی (سیما و تجربی، ۱۳۸۵)، روند تغییرات ارزش‌های حفاظتی (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹)، ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی براساس شاخص‌های عملکرد اکولوژیکی (بلوچی و ملک محمدی، ۱۳۹۱) از جمله این پژوهش‌ها هستند. با توجه به وسعت بسیار زیاد تالاب، پرهزینه بودن بازدیدهای زمینی و مشکلات موجود در بازدیدهای میدانی، و صرف وقت و هزینه زیاد، روش‌های سنتی پایش تالاب جای خود را به استفاده از تصاویر ماهواره‌ای داده است؛ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور می‌توان تالاب را از نظر کمی بهتر از سایر روش‌ها بررسی و پایش کرد. استفاده از سری زمانی طولانی تصاویر توانایی ما را برای مشخص کردن تنوع زمانی تالاب و تشخیص تغییرات با دقت بیشتری افزایش می‌دهد. پایش تغییرات تالاب‌ها در شرق آفریقا با استفاده از سنجش از دور (Haack, 1996)، بررسی تغییرات زمانی و مکانی تالاب‌های مدیترانه‌ای در شمال منطقه گریس (Papastergiadou et al., 2008)، شناسایی تغییرات

تالاب در دشت سانجیانگ چین با استفاده از سنجش از راه دور (Zhang et al., 2009)، بررسی تغییرات در اکوسیستم‌های تالاب در شمال ویرجینیا سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ (Kayastha et al., 2012)، پایش تغییرات تالاب‌های دلتای رودخانه زرد در چین ۱۹۷۶-۲۰۰۸ (Chen et al., 2011)، آشکارسازی اتوماتیک تغییرات خط ساحلی تالاب‌های جزء معاهده رامسر در ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (Kuleli et al., 2011)، پایش پویایی بزرگترین تالاب آب شیرین چین با استفاده از سری داده‌های لندست از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ (Chen et al., 2014)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه لندست انجام شده است.

در ایران نیز از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات میزان سطح آب و پوشش گیاهی و بدون پوشش یا مساحت خشک شده تالاب‌ها استفاده شده است. بررسی تغییرات تالاب بزرگ هویزه در بازه‌های زمانی ۱۹۹۱، ۲۰۰۴، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ نشان داد که در سال ۲۰۱۶ پوشش گیاهی و آب تالاب نسبت به سال ۲۰۱۳ افزایش داشته است (کرمی و میرسنجری، ۱۳۹۷). تغییرات ۲۵ و ۱۰ درصدی آب و پوشش گیاهی تالاب پریشان در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ به دلیل ریزش‌های جوی مناسب بوده است (چاوک و محسنی، ۱۳۹۵). با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای MODIS مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و شاخص NDWI مساحت پهنه مرطوب و غیر مرطوب تالاب شادگان مطالعه و نتایج نشان داد در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۴ کمترین مساحت و ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ بیشترین پهنه مرطوب را داشته است (بیات و جعفری، ۱۳۹۴). بررسی تغییرات فصلی و ماهانه تالاب جازموریان با استفاده از تصاویر لندست برای دوره زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۲ نشان داد که اغلب دوره‌های پرآبی جازموریان ماه‌های فوریه تا می و دوره‌های خشک در ماه‌های آگوست تا سپتامبر دیده می‌شود و در یک دوره ۴۰ ساله، سال ۱۹۷۶ پرآب‌ترین سال بوده که حتی در ماه‌های گرم و خشک، جازموریان آبدار

پایش مساحت سطح آبدار تالاب از بین سایر طبقات (پوشش گیاهی و محدوده بدون پوشش یا خاک تالاب) در یک بازه زمانی ۳۰ ساله است. ارتباط بین رخداد خشک‌سالی هیدرولوژی و مساحت آب تالاب و محاسبه زه‌آب ورودی به تالاب و ارتباط آن با مساحت آب تالاب از اهداف این مقاله است تا با وجود کاهش شدید دبی ورودی از رودخانه جراحی به تالاب نقش زه‌آب ورودی از نیشکر در افزایش سطح آب تالاب آشکار شود. و به تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع آب کمک کند تا با مدیریت یکپارچه هم‌حقیقه تالاب از منبع آب شیرین رودخانه جراحی تأمین شود و هم به پتانسیل زه‌آب نیشکر با عنایت به تصفیه آن به‌عنوان یک فرصت در نجات تالاب به‌عنوان یک اکوسیستم زنده با کارکردهای متعدد کمک کند.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

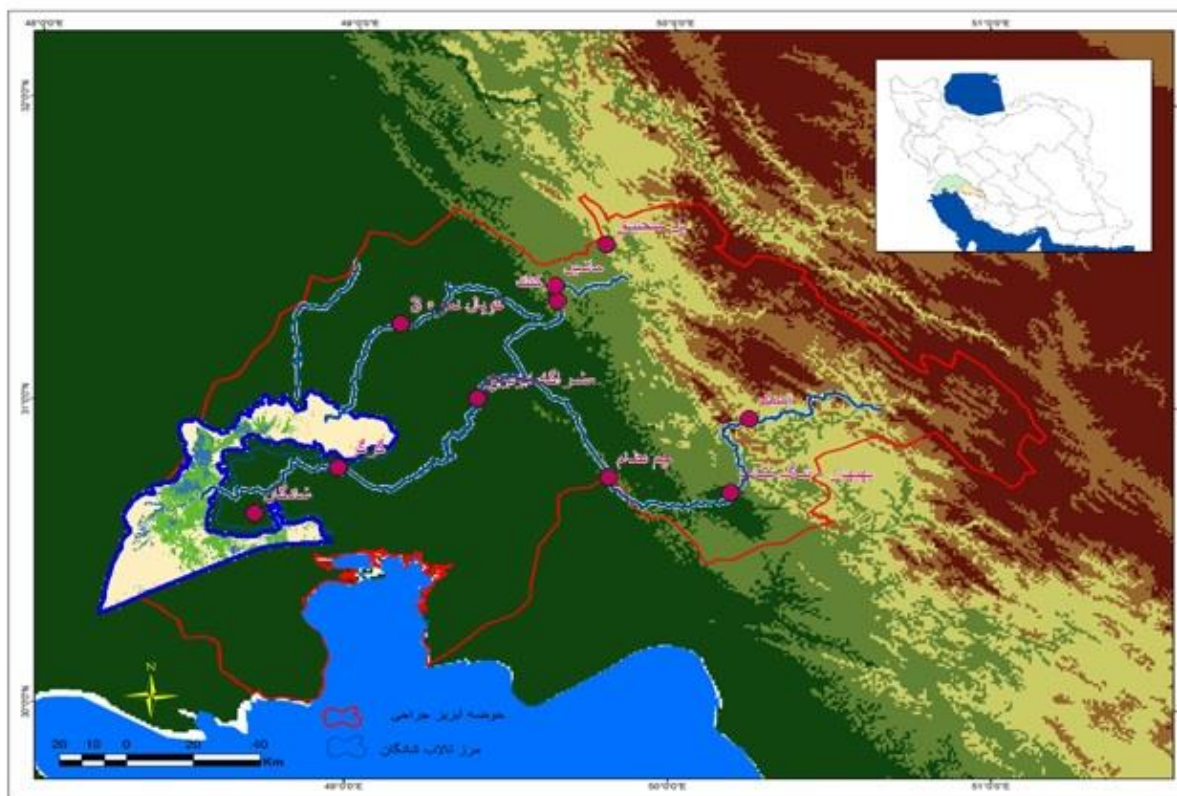
در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز جراحی و بخشی از تالاب شادگان که تحت تأثیر ورودی منابع آب شیرین و از جمله رودخانه جراحی است. منطقه مورد مطالعه توسط جاده ماهشهر-آبادان از بخش پایینی آن تفکیک شده است. حوضه آبریز جراحی دارای مساحتی در حدود ۲۴۳۱۰ کیلومتر مربع است. بخشی از تالاب که آب آن پایش شده و محدوده آب شیرین تالاب محسوب می‌شود ۱۶۴۰۰۰ هکتار است که تقریباً ۲۸ درصد کل مساحت تالاب شادگان است.

### داده‌ها و روش کار

به منظور بررسی ارتباط خشک‌سالی هیدرولوژی و نقش آن بر تغییرات مساحت آب تالاب شادگان از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI) برای حوضه آبریز جراحی در ۱۰ ایستگاه هیدرومتری روی رودخانه‌های مربوط به محدوده‌های مطالعاتی واقع در حوضه آبریز تالاب که دارای طول دوره آماری ۳۰ ساله بود، استفاده شد (جدول ۱).

بوده است (مهر پویان و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی تغییرات مساحت تالاب شادگان طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ نشان داد که به علت خشک‌سالی مساحت پوشش گیاهی آن کم شده اما در سال ۲۰۱۳ به دلیل ورود زه‌آب کشاورزی و صنعتی پوشش گیاهی آن افزایش یافته است (پورخیز و همکاران، ۱۳۹۴). ارزیابی روند تغییرات تالاب ساحلی میانکاله با رویکرد آمایش سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ کاهش شدید پهنه آبی را نشان داده است (دستی و همکاران، ۱۳۹۷). پایش سطح آب تالاب میقان از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ حاکی از روند کاهشی سطح آب تالاب است (خانقلی و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی تغییرات سطحی و حجمی آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتفاعسنجی ماهواره‌ای، کاهش مقدار آب از سال ۱۹۷۶ تا سال ۲۰۱۵ به یک هشتم و کاهش تراز آب تا ۴ متر را نشان داده است (دسترنج و همکاران، ۱۳۹۷).

مساحت تالاب شادگان ۵۳۷۷۳۱ هکتار است که ۱۲۰۳۷۸ هکتار از آن معادل ۲۲/۴ درصد مساحت کل آب شیرین تالاب محسوب می‌شود. بقیه مساحت تالاب شامل پهنه جزرومدی، خور موسی (ناحیه ساحلی)، سایر مناطق و اراضی حاشیه‌ای است. در این مطالعه مساحت تالاب آب شیرین براساس تصویر ماهواره‌ای لندست در زمان پرآبی در حدود ۱۶۴ هزار هکتار و معادل تقریبی ۲۸ درصد مساحت کل تالاب بر اساس معاهده رامسر در نظر گرفته شده است. روند تغییرات اقلیمی و وقوع خشک‌سالی‌های مداوم با افزایش دما و تبخیر و کاهش رطوبت و رواناب در حوضه‌های آبریز به‌ویژه در حوضه آبریز تالاب‌هایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند مانند شادگان و از سوی دخالت بشر از طریق احداث سدها (UNNEP, 2001) و شبکه‌های وسیع آبیاری و ورود زه‌آب‌های کشاورزی و آلودگی‌های صنعتی و شهری و نفتی اکوسیستم‌ها تالابی را با مشکل مواجه کرده‌اند و خسارات جبران‌ناپذیری به آن‌ها وارد کرده‌اند. هدف از این مطالعه پس از تعیین محدوده آب شیرین



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب حوضه آبخیز جراحی

ارتفاع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	محدوده مطالعاتی	نام رودخانه	نام ایستگاه هیدرومتری
۵	۴۸/۷	۳۰/۶	شادگان	جراحی	شادگان
۲۸۰	۵۰/۳	۳۰/۷	بهبهان	مارون	بهبهان - تنگ تکاب
۱۹۰	۴۹/۹	۳۰/۸	جایزان	مارون	چم نظام
۱۷	۴۹/۰	۳۰/۸	شادگان	جراحی	گرگر
۵۶۰	۵۰/۴	۳۱/۰	تخت دراز	مارون	ایدنک
۳۰	۴۹/۴	۳۱/۰	شادگان	جراحی	مشراگه - ابوتویج
۴۰	۴۹/۲	۳۱/۳	شادگان	کوپال	کوپال نمره ۳
۳۳۰	۴۹/۷	۳۱/۳	دالون - میداود	الله	جوکنک
۳۵۰	۴۹/۷	۳۱/۴	باغ ملک	رود زرد	ماشین
۷۰۰	۴۹/۹	۳۱/۵	باغ ملک	ابوالعباس	پل منجینق

از داده‌های سنجنده‌های TM و ETM+ و OLI ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۸، تا ۲۰۱۷ در ماه ژوئن استفاده شد. در این مطالعه پردازش تصاویر ماهواره‌ای طی یک فرآیند سه مرحله‌ای شامل مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش انجام شد. در مرحله عملیات پیش‌پردازش تصاویر تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری روی سری‌های تصاویر لندست مورد استفاده اعمال شد. بدین گونه که نخست از طریق ورود پارامترهای کالیبراسیون موجود در متادیتای همراه تصاویر، DN به رادیانس تبدیل شده است و در گام بعدی به علت نبود خطاهای اتمسفری مشکل‌زا، با توجه به محدوده زمانی استفاده از تصاویر (خرداد ماه) با استفاده از روش Dark subtraction با انتخاب تیره‌ترین پیکسل، تصحیح اتمسفری تصاویر صورت گرفت. در مرحله پردازش روی تصاویر از طبقه‌بندی نظارت نشده برای درک کلی از منطقه استفاده شده اما به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی از طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد. طبقه‌بندی نظارت شده به روش‌های مختلف انجام می‌شود در این مطالعه روش‌های مختلف بررسی و روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) انتخاب و تصاویر در سه کلاس آب، پوشش گیاهی و بدون پوشش یا خاک طبقه‌بندی شد و مساحت‌های مربوط به آب انتخاب و محاسبه شد.

در زمینه خشک‌سالی هیدرولوژیکی تاکنون دو شاخص معروف تحت عنوان شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی پالمر و شاخص ذخیره آب سطحی پیشنهاد شده که به دلیل محاسبات زیاد و پیچیدگی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (اقتدارنژاد، ۱۳۹۵). شاخص خشک‌سالی جریان‌های رودخانه‌ای یا SDI استفاده شد. این شاخص توسط نالباتیس و همکاران برای مشخص کردن خشک‌سالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد (اسکندری، ۱۳۹۴). شاخص SDI مقدار دبی ماهانه هر ایستگاه هیدرومتری را بر توزیع آماری مناسبی برازش می‌دهد. در این خصوص شاخص SDI با استفاده از داده‌های دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه، طبق رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$SDI_{j,k} = V_{j,k} - V_k / S_k \quad (1)$$

$$V_{j,k} = \sum_{i=1}^{3k} Q_{i,j} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, k = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, \dots, 12$$

که در آن  $i$  سال هیدرولوژیکی؛  $j$  ماه و  $k$  دوره زمانی؛  $Q$  دبی است

ویژگی‌های خشک‌سالی هیدرولوژی شامل فراوانی تداوم و بزرگی به صورت دهه‌ای براساس شاخص خشک‌سالی SDI (جدول ۲) محاسبه، مقایسه و تحلیل شد. برای محاسبه تداوم خشک‌سالی سال وقوع رخداد به عنوان نخستین سال و تداوم آن تا مثبت شدن شرایط محاسبه شد. بزرگی خشک‌سالی از مجموع مثبت خشک‌سالی‌ها در هر دهه به دست آمده است.

جدول ۲. وضعیت‌های خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI

وضعیت	شرح	معیار
۱	نرمال	$-0.49 < SDI < +0.49$
۲	خشک‌سالی ملایم	$-0.99 < SDI < -0.5$
۳	خشک‌سالی متوسط	$-1.49 < SDI < -1$
۴	خشک‌سالی شدید	$-1.99 < SDI < -1.5$
۵	خشک‌سالی بسیار شدید	$SDI < -2$
۶	ترسالی ملایم	$+0.5 < SDI < +0.99$
۷	ترسالی متوسط	$+1 < SDI < +1.49$
۸	ترسالی شدید	$+1.5 < SDI < +1.99$
۹	ترسالی بسیار شدید	$+2 > SDI$

## نتایج

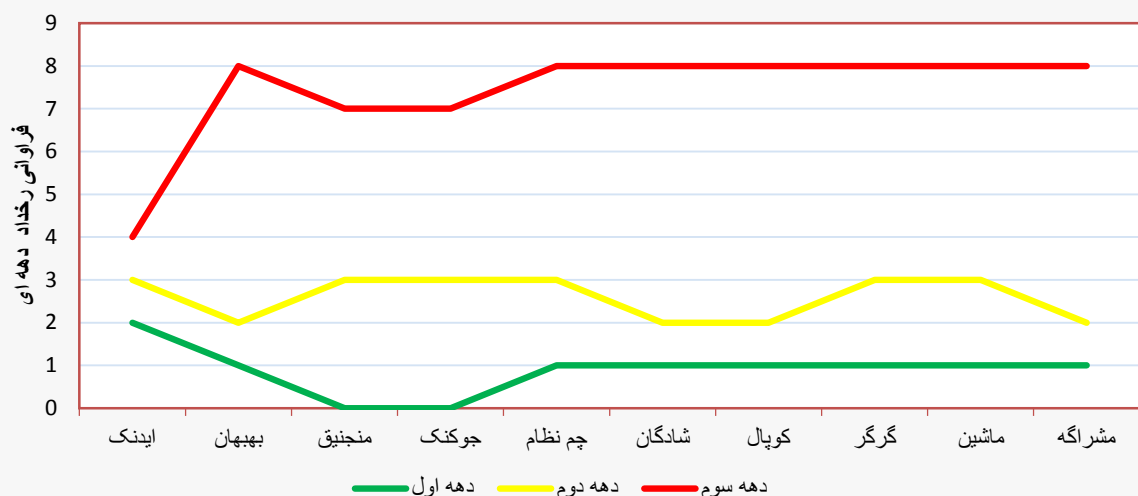
## فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان

بررسی روند خشک‌سالی دهه‌ای براساس استفاده از شاخص خشک‌سالی SDI در محدوده حوضه تالاب نشان می‌دهد که در دهه نخست تنها یک مورد خشک‌سالی رخ داده است در دوره دوم بر تعداد خشک‌سالی‌ها افزوده شده و در بیشتر ایستگاه‌ها سه سال خشک‌سالی رخ داده است. در دهه سوم به‌استثنای ایستگاه ایدنک که قبل از سد مارون قرار دارد، تعداد رخداد‌های خشک‌سالی به ۸ تا ۹ سال رسیده است (شکل ۲).

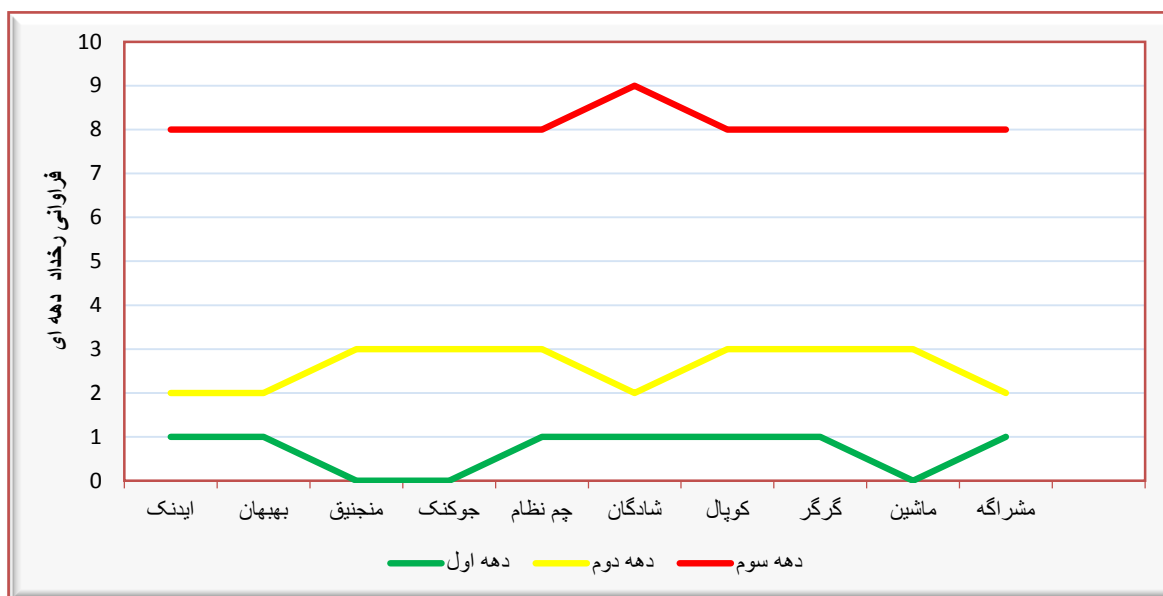
## تداوم خشک‌سالی هیدرولوژی در حوضه آبریز تالاب شادگان

تداوم خشک‌سالی‌ها در حوضه آبریز در مجموع روند افزایشی دارد و باوجودی که در دهه نخست تداومی مشاهده نمی‌شود، در دهه دوم در بیشتر ایستگاه‌ها تداوم سه ساله رخداد خشک‌سالی نشان داده شده است. در دوره سوم تداوم خشک‌سالی به ۸ سال رسیده است و در ایستگاه شادگان که آخرین ایستگاه ورودی آب به تالاب است، تداوم به ۹ سال رسیده است (شکل ۳).

در مرحله پس‌پردازش تصاویر طبقه‌بندی شده، با استفاده از واقعیت‌های زمینی به‌دست‌آمده از بررسی‌های گوگل ارث مقایسه و دقت طبقه‌بندی کنترل شد. از طرفی دقت طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از دو شاخص، دقت کلی و کاپا محاسبه شد. فراوانی تداوم و بزرگی خشک‌سالی در حوضه آبریز تالاب محاسبه و ارتباط بین خشک‌سالی هیدرولوژی و مساحت آب تالاب محاسبه شد و سپس تغییرات دبی ایستگاه هیدرولوژی شادگان به‌عنوان آخرین ایستگاه ورودی رودخانه جراحی به تالاب با تغییرات مساحت آب تالاب مقایسه شد. آمار مربوط به دبی از سایر منابع آب ورودی به تالاب که ناشی از زه‌آب‌های نیشکر بود به میلیون متر مکعب دریافت و به متر مکعب بر ثانیه تبدیل شد تا با آمار دبی آخرین ایستگاه ورودی به تالاب شادگان از رودخانه جراحی هم‌واحد شده و همخوانی داشته باشند. مساحت آب تالاب با خشک‌سالی هیدرولوژی مقایسه و تحلیل شد. سپس ارتباط آن با زه‌آب ورودی به تالاب شناسایی و تحلیل و نقش زه‌آب ورودی از نیشکر در افزایش مساحت آب تالاب آشکار شد.



شکل ۲. فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی



شکل ۳. تداوم خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی

### اندازه بزرگ خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان

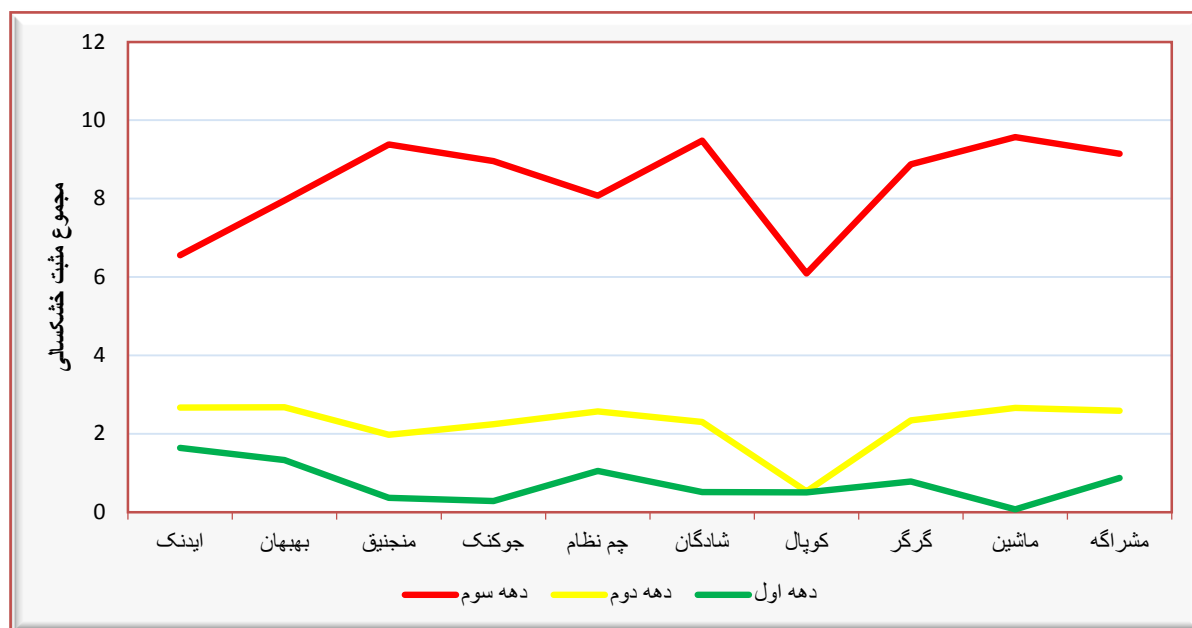
جمع مثبت تمام رخدادهای خشک‌سالی (خشک‌سالی ضعیف تا بسیارشدید) در محدوده زمانی مورد مطالعه به‌عنوان شاخص بزرگی خشک‌سالی اطلاق می‌شود. از این شاخص به‌عنوان یکی از شاخص‌های پایش پدیده خشک‌سالی در آمریکا استفاده می‌شود (Byun and Wilhite, 1999). در دهه نخست و دوم بزرگی خشک‌سالی کم بوده اما در دهه سوم بزرگی خشک‌سالی به بیشتر از ۸ رسیده که نشان دهنده تداوم و فراگیر بودن خشک‌سالی در دهه سوم است (شکل ۴).

### بررسی تغییرات مساحت آب در محدوده تالاب

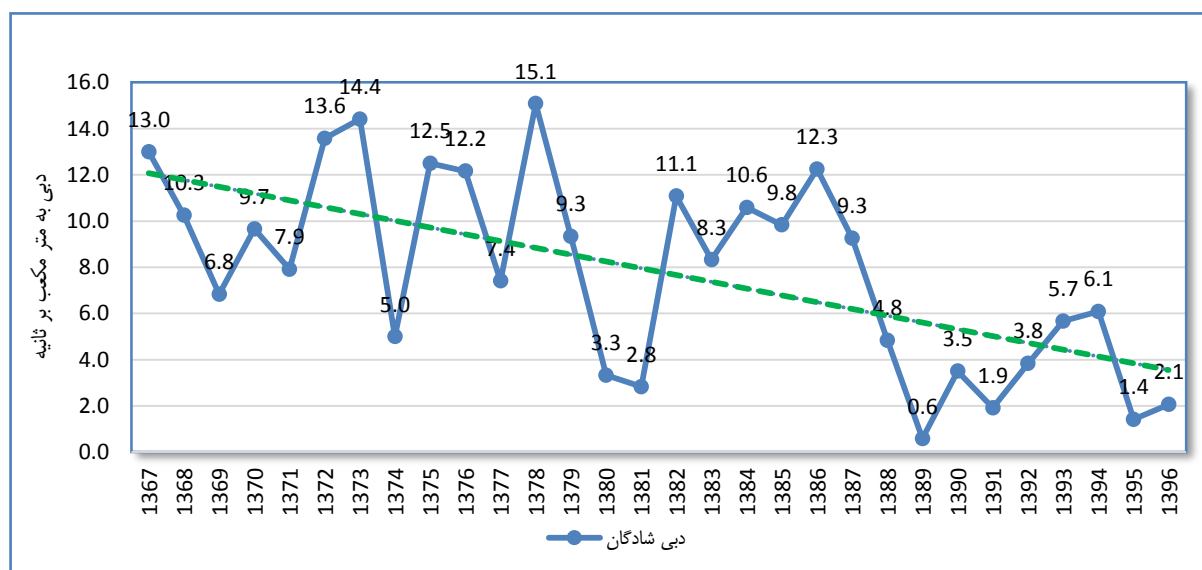
#### منابع آب دائمی ورودی به تالاب شادگان

بخش مربوط به آب شیرین تالاب شادگان در منتهی‌الیه حوضه آبخیز جراحی واقع شده است، درگذشته بیش از ۹۰ درصد جریان‌های ورودی آب به تالاب از رودخانه جراحی تأمین می‌شده است. در حوضه آبخیز این تالاب سدهای متعددی که مهم‌ترین آن‌ها سد بهبهان و سد جره است و بیش از ۳۰ بند خاکی به‌ویژه در بالادست حوضه

کوپال احداث شده است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۷). در مسیر این رودخانه شبکه‌های عظیم آبیاری بنا شده است. شبکه آبیاری بهبهان برای تأمین آب اراضی کشاورزی ساحل راست و چپ رودخانه با وسعت ۱۳۵۰۰ هکتار، شبکه آبیاری جایزان برای تأمین آب اراضی کشاورزی به وسعت ۶۵۰۰ هکتار توسط کانال‌های شبکه آبیاری مدرن، شبکه آبیاری رامهرمز برای تأمین آب ۲۶ هزار هکتار از اراضی کشاورزی، شبکه آبیاری رامشیر برای آبیاری ۲۲ هزار هکتار از اراضی کشاورزی دشت رامشیر و شبکه آبیاری شادگان برای آبیاری ۹۰۱۵ هکتار زمین‌های کشاورزی دشت شادگان که با تغییر الگوی جریان و بیلان طبیعی رودخانه هم بر میزان آب ورودی و هم بر کیفیت آب تالاب از طریق انتقال زه‌آب‌های کشاورزی آلوده به مواد شیمیایی سم و کود، به‌شدت مؤثر بوده است. بررسی روند دبی ورودی به تالاب نشان داد که روند تغییرات آب ورودی به تالاب روند کاهشی داشته به طوری که در سال‌های اخیر بر اساس آمار ایستگاه هیدرومتری شادگان دبی ورودی به تالاب به کمتر از ۲ متر مکعب در ثانیه در سال رسیده است (شکل ۵).



شکل ۴. بزرگی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی



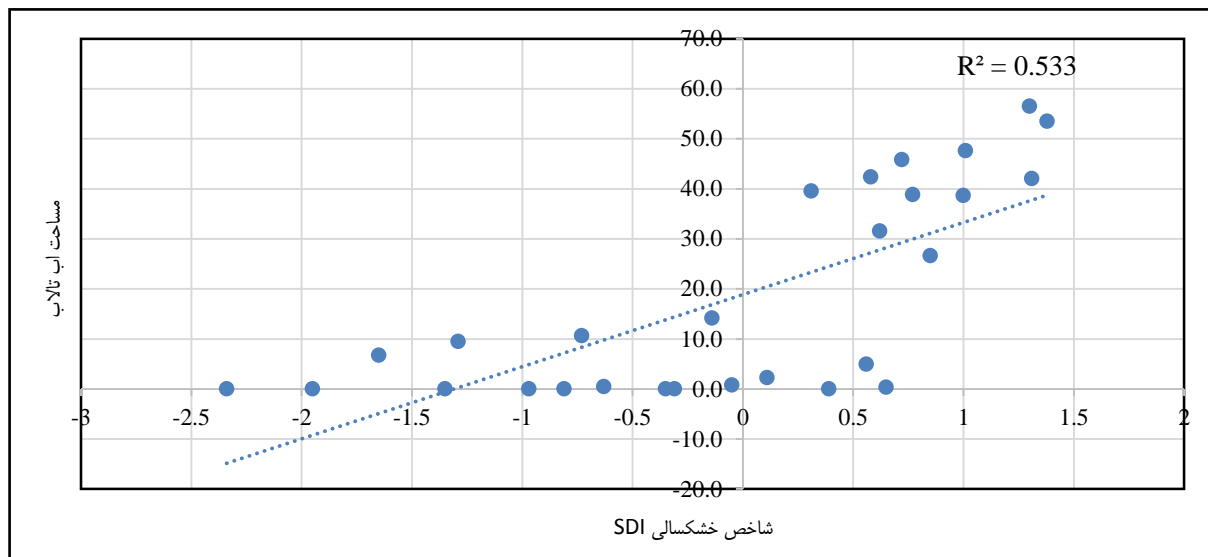
شکل ۵. روند تغییرات دبی ورودی به تالاب از ایستگاه هیدرومتری شادگان

است. در شکل ۶ نشان داده شده که رخداد خشک‌سالی تا ۵۰ درصد تغییرات مساحت آب تالاب را تبیین کرده است و ۵۰ درصد دیگر تغییرات سطح آب تالاب را می‌توان به سایر عوامل از جمله ورود زه‌آب‌های ورودی از نیشکر و سایر عوامل مانند پساب‌های شهری و صنعتی و غیره مرتبط دانست.

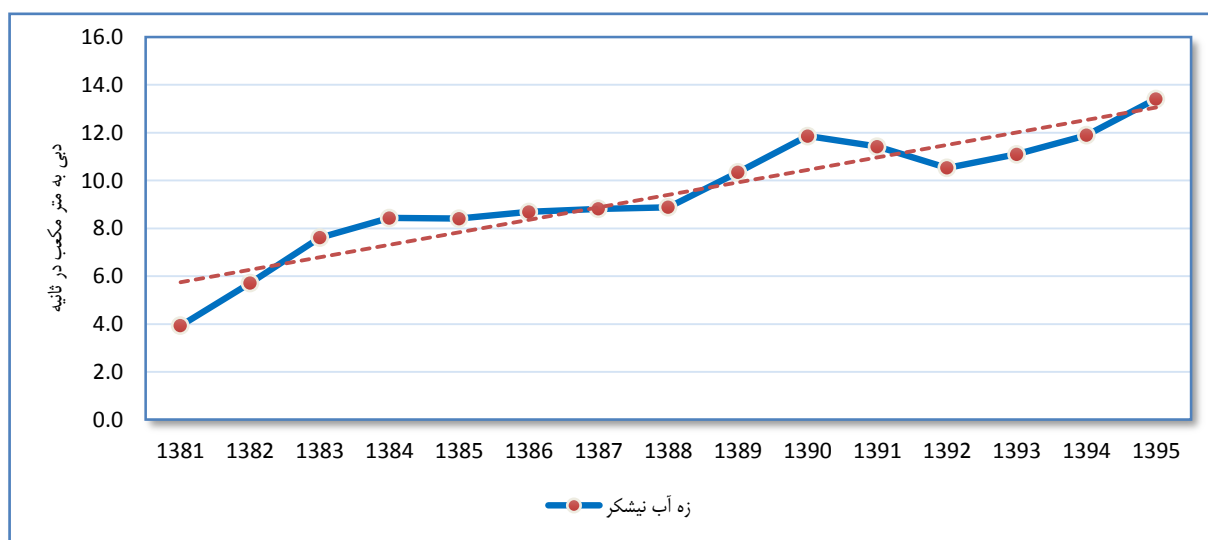
#### بررسی ارتباط بین مساحت سطح آب تالاب و رخداد خشک‌سالی هیدرولوژی

دبی ورودی از رودخانه جراحی در ایستگاه هیدرومتری شادگان تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند رخداد خشک‌سالی و کاهش نزولات جوی و عوامل انسانی مانند مدیریت آب حوضه و احداث شبکه‌های آبیاری و احداث بندهای خاکی





شکل ۶. رابطه مساحت سطح آب تالاب و رخداد خشکسالی هیدرولوژی



شکل ۷. روند تغییرات زه آب ورودی از طرح‌های نیشکر به تالاب شادگان

جریان ورودی از رواناب‌های فصلی به تالاب بسیار محدود شده است. و تنها منبع آب ورودی که مقدار دبی ورودی آن به تالاب شادگان توسط شرکت نیشکر اندازه‌گیری شده است زه آب طرح‌های نیشکر فارابی، سلمان فارسی و دعبل خزاعی است، آب مورد نیاز این طرح‌ها از حوضه آبریز کارون تأمین می‌شود. دبی ورودی از زه آب‌های نیشکر از سال ۱۳۸۱ با دبی ۴ متر مکعب بر

#### زه آب ورودی از طرح‌های نیشکر به تالاب شادگان

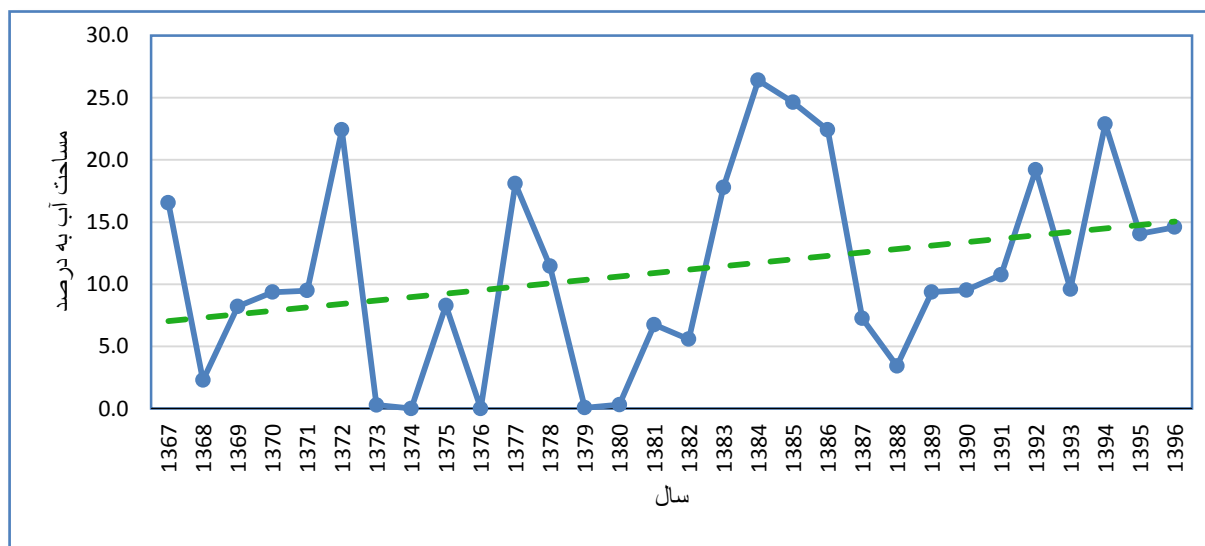
سایر منابع آب ورودی به تالاب شامل سرریز سیلاب‌های کارون، رواناب‌های آبراهه کوپال و زه آب‌های طرح‌های نیشکر در شرق کارون شامل طرح نیشکر فارابی، سلمان فارسی و دعبل خزاعی است. طی دو دهه اخیر بر اثر رخداد خشکسالی‌های مداوم و احداث بندهای خاکی متعدد بر آبراه‌های فصلی به‌ویژه در حوضه آبریز کوپال

ثانیه وارد تالاب شده و روند افزایشی داشته به طوری که در سال‌های اخیر مقدار دبی ورودی از زه‌آب نیشکر تقریباً ۱۸ متر مکعب در ثانیه در سال است.

### مساحت آب تالاب شادگان

روند تغییرات ۳۰ ساله مساحت آب تالاب شادگان در مجموع افزایشی است. تا قبل از ورود زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر به تالاب سال ۱۳۷۲-۱۳۷۳ بیشترین مساحت آب تالاب ۲۲/۴ درصد بوده است که این میزان سطح آب، ناشی از شرایط حوضه آبریز مربوط به تالاب بوده که با شرایط ترسالی شدید مواجه بوده است. مساحت آب تالاب در سال ۱۳۸۴ به بیشترین مقدار خود طی دوره ۳۰ ساله مورد پایش، رسیده است؛ در سال ماقبل ۲۴۰ میلیون مترمکعب زه‌آب از طرح‌های نیشکر وارد تالاب شده و در این سال ۲۶۶ میلیون مترمکعب زه‌آب وارد تالاب شده است علاوه بر این در این سال در حوضه آبخیز مربوط به تالاب شرایط ترسالی خفیف حاکم بوده

است. در سال ۱۳۸۵ نیز مساحت آب تالاب به ۲۴/۶ درصد رسیده است؛ در این سال نیز حوضه آبخیز مربوط به تالاب در شرایط ترسالی خفیف برای سومین سال متوالی قرار گرفته است و حجم زه‌آب ورودی به داخل تالاب در این سال ۲۶۵ میلیون مترمکعب بوده است. بنابراین مساحت آب تالاب در سال‌های اولیه تابع شرایط بارش در حوضه آبخیز تالاب و از سالی که زه‌آب نیشکر وارد آب تالاب شده تابع شرایط بارش و حجم زه‌آب ورودی از طرح‌های نیشکر بوده است. کمترین درصد مساحت آب مربوط به سال ۱۳۷۹ با ۰/۰۷ و سال ۱۳۷۳ با ۰/۲ درصد که تالاب تا مرز خشک شدن کامل پیش رفته است؛ این در حالی است که در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در محدوده حوضه آبخیز تالاب خشک‌سالی بسیار شدید رخ داده است اما آب ورودی از طرح‌های نیشکر مانع از خشکی تالاب شده است.



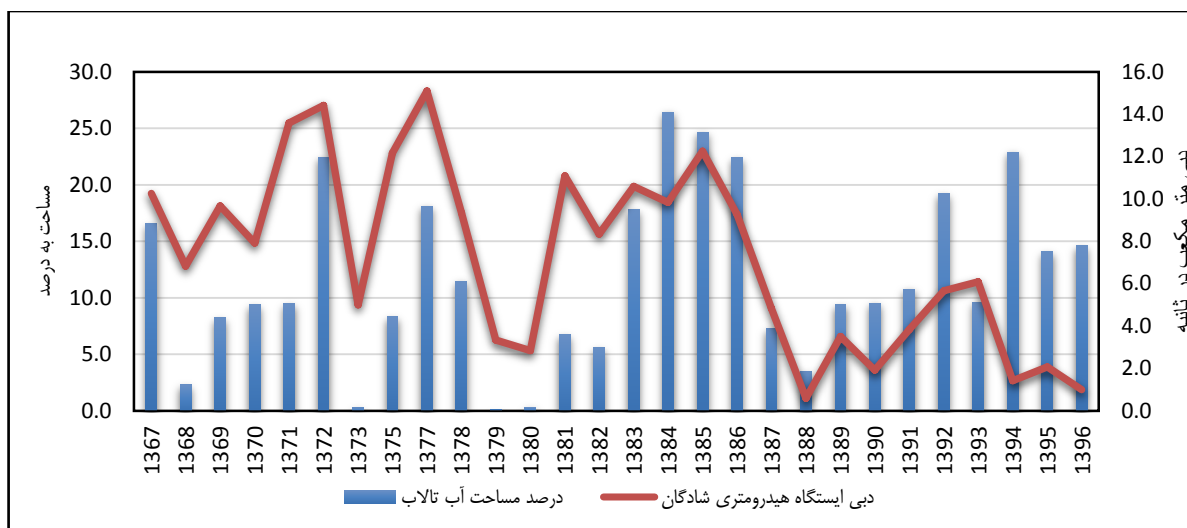
شکل ۸. روند تغییرات مساحت آب تالاب شادگان ۱۳۶۷-۱۳۹۶

دبی ورودی به تالاب روند کاهشی داشته است اما با مساحت آب تالاب که روند افزایشی داشته است، همخوانی ندارد شکل ۱۰ به طوری که ارتباطی بین مساحت

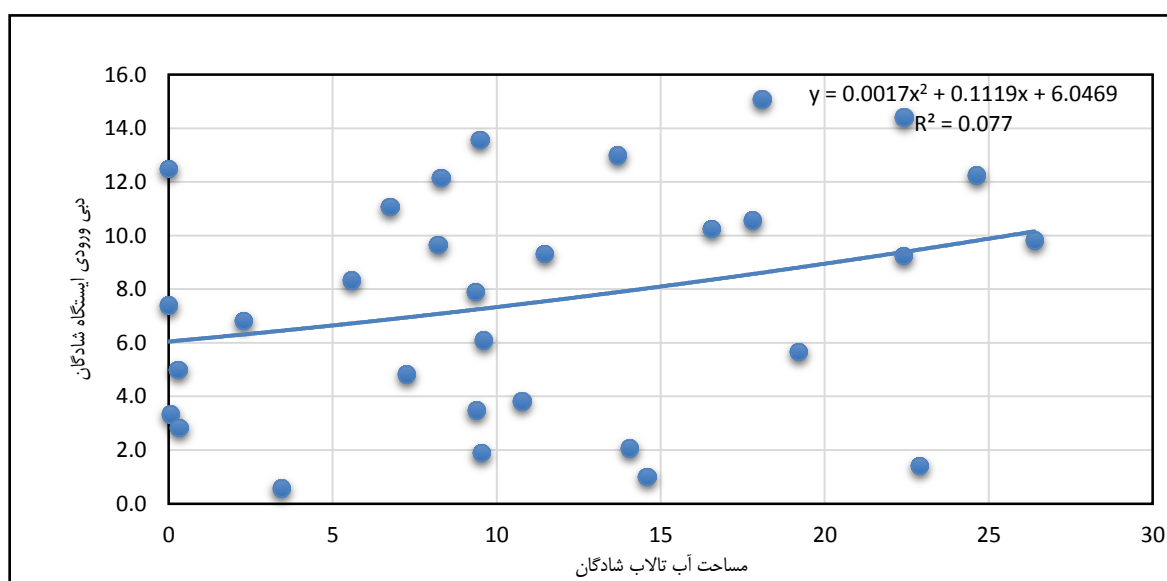
بررسی ارتباط بین تغییرات سطح آب تالاب و منابع آب ورودی به تالاب  
از سال ۱۳۸۴ براساس آمار ایستگاه هیدرومتری شادگان

که همان زه آب ناشی از طرح های نیشکر بوده را باید رصد کرد و دبی آن را به دبی جراحی افزود (شکل ۱۱) تا بتوان بین دبی ورودی و مساحت آب تالاب رابطه پیدا کرد. مجموع دبی ورودی به تالاب که شامل دبی ورودی از ایستگاه هیدرومتری شادگان و مجموع دبی ورودی از طرح های نیشکر به تالاب محاسبه و ارتباط آن با مساحت آب تالاب بررسی شد (شکل ۱۲).

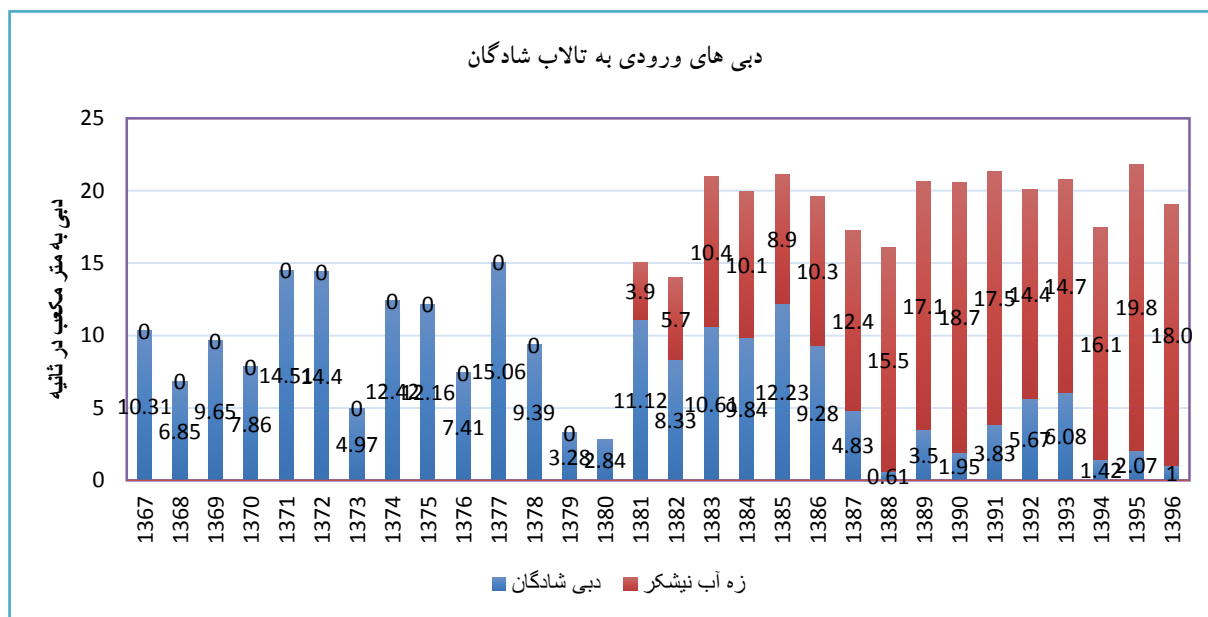
آب تالاب و آب ورودی از آخرین ایستگاه هیدرومتری به تالاب وجود ندارد (شکل ۱۰). بررسی منابع آب ورودی به تالاب نشان داد که در سال های قبل از ۱۳۸۱ منابع آب ورودی به تالاب از رودخانه جراحی، رواناب های فصلی حوضه کوپال و سرریز سیلاب های کارون بوده است. اما در سال های اخیر با توجه به احداث بندها و سدهای زیادی در منطقه و تنها منبع ورودی به تالاب، رودخانه جراحی است؛ لذا وضعیت منبع ورودی دیگری به تالاب



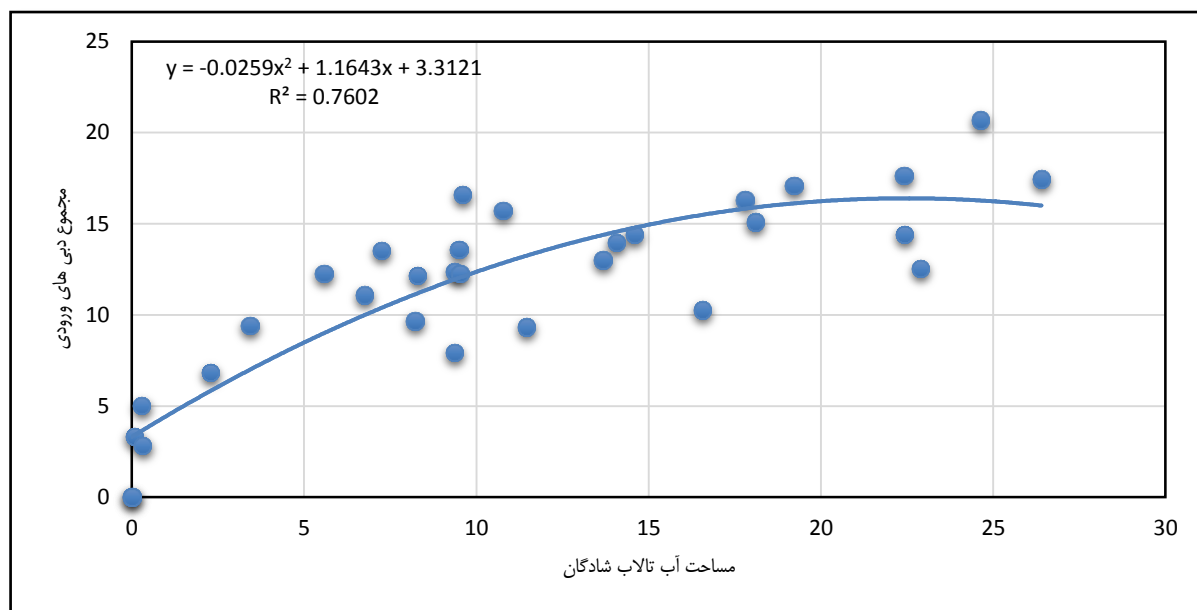
شکل ۹. روند تغییرات دبی ایستگاه هیدرومتری شادگان و درصد مساحت آب تالاب



شکل ۱۰. ارتباط بین روند تغییرات ایستگاه هیدرومتری شادگان و درصد مساحت آب تالاب



شکل ۱۱. روند تغییرات مجموع دبی ورودی به تالاب



شکل ۱۲. ارتباط بین مجموع دبی ورودی به تالاب و تغییرات سطح آب تالاب شادگان

## بحث و نتیجه گیری

ورودی شیرین به تالاب می‌شود. خشک‌سالی هواشناسی به‌ویژه در دهه اخیر و توسعه شبکه‌های آبیاری و احداث سدها و بندهای خاکی از مهمترین دلایل وقوع خشک‌سالی هیدرولوژی در حوضه آبریز تالاب و در نتیجه تغییرات سطح آب تالاب شادگان بوده است (درگاهیان و همکاران،

به طور طبیعی مهم‌ترین منبع تأمین آب تالاب‌ها رودخانه‌های فصلی و دائمی و رواناب‌های حوضه آبریز منتهی به آن‌ها است. فراوانی وقوع، تداوم و بزرگی خشک‌سالی در حوضه آبریز تالاب منجر به کاهش آب

سدها، بندهای خاکی متعدد و شبکه‌های عظیم آبیاری بنا شده است که با تغییر الگوی جریان و بیلان طبیعی رودخانه روی میزان آب ورودی و بر کیفیت آب تالاب به شدت مؤثر بوده است. نتایج حاصل از میانگین شاخص NSFQI در رودخانه جراحی نشان داد که کیفیت آب تالاب در رده بد قرار دارند (ظهاری و همکاران، ۱۳۹۳). سایر منابع آب ورودی به تالاب شامل سرریز سیلاب‌های کارون، رواناب‌های آبراهه کوپال و زه‌آب‌های طرح‌های نیشکر در شرق کارون شامل طرح نیشکر فارابی، سلمان فارسی و دعبل خزاعی است. طی دو دهه اخیر بر اثر رخداد خشک‌سالی‌های مداوم و احداث بندهای خاکی متعدد بر آبراه‌های فصلی به‌ویژه در حوضه آبریز کوپال جریان ورودی از رواناب‌های فصلی به تالاب بسیار محدود شده است. و تنها منبع آب ورودی که مقدار دبی ورودی آن به تالاب شادگان توسط شرکت نیشکر اندازه‌گیری شده است زه‌آب طرح‌های نیشکر فارابی، سلمان فارسی و دعبل خزاعی است، آب مورد نیاز این طرح‌ها از حوضه آبریز کارون تأمین می‌شود. دبی ورودی از زه‌آب‌های نیشکر از سال ۱۳۸۱ با دبی ۴ متر مکعب بر ثانیه وارد تالاب شده و روند افزایشی داشته به طوری که در سال‌های اخیر مقدار دبی ورودی از زه‌آب نیشکر تقریباً ۱۸ متر مکعب در ثانیه در سال است. بنابراین با توجه به کاهش شدید دبی ورودی از رودخانه جراحی در دو دهه اخیر ورود زه‌آب طرح‌های نیشکر با انتقال آب از حوضه آبخیز مجاور حوضه آبخیز مربوط به تالاب توانسته است تالاب را از خشکیدگی کامل نجات دهد هرچند بر کیفیت آب تالاب اثر سوء داشته و زیست گیاهی و جانوری تالاب را با خطر مواجه ساخته اما در عمل مانع از تولید بستر مساعد ذرات ریزگرد تالابی با توجه به جهت جریانات جوی از تالاب به کلان‌شهر اهواز شده است. بنابراین با توجه به فرصت‌ها و تهدیدات ناشی از زه‌آب طرح‌های نیشکر باید حقایق تالاب از آب شیرین رودخانه جراحی تأمین و بدین‌وسیله هم حجم و مساحت آب تالاب حفظ

(۱۳۹۷). خشک‌سالی جزء لاینفک ماهیت اقلیم ایران به‌ویژه منطقه خشک و نیمه‌خشک و از جمله منطقه مورد مطالعه است در گذشته هم خشک‌سالی با شدت‌های مختلف در حوضه آبخیز تالاب رخ داده است اما در دهه اخیر نسبت به دو دهه گذشته فراوانی شدت و تداوم خشک‌سالی زیاد بوده است و کل حوضه با طولانی‌ترین سیکل خشک‌سالی مواجه بوده است. شناسایی تغییرات خشک‌سالی دهه‌ای در حوضه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار شامل کارون، کرخه و زهره جراحی طی پنج دهه (۱۳۴۶-۱۳۹۵) نشان داد شدت خشک‌سالی در دهه آخر به دلیل افزایش دما و در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق به‌ویژه در پایین‌دست حوضه‌ها و محدوده کانون‌های گردوغبار که بیشتر مساحتشان در حوضه آبخیز زهره جراحی قرار گرفته است، به مراتب شدیدتر بوده است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان نشان داد فراوانی خشک‌سالی روند افزایشی داشته و در دهه آخر به استثنای ایستگاه ایدنک که قبل از سد مارون قرار دارد، تعداد رخدادهای خشک‌سالی به ۸ تا ۹ سال رسیده است. تداوم خشک‌سالی هیدرولوژی در حوضه در مجموع دارای روند افزایشی است با وجودی که در دهه نخست تداومی مشاهده نمی‌شود؛ اما در دهه دوم در بیشتر ایستگاه‌ها تداوم سه ساله و در دوره سوم تداوم خشک‌سالی به ۸ سال رسیده است و در ایستگاه شادگان که آخرین ایستگاه ورودی آب به تالاب است، تداوم به ۹ سال رسیده است. بررسی اندازه بزرگ خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان در دهه اول و دوم کم بوده اما در دهه سوم بزرگی خشک‌سالی به بیشتر از ۸ رسیده که نشان دهنده تداوم و فراگیر بودن خشک‌سالی در دهه سوم است.

بخش مربوط به آب شیرین تالاب شادگان در منتهی‌الیه حوضه آبخیز جراحی واقع شده است در گذشته بیش از ۹۰ درصد جریان‌های ورودی آب به تالاب از رودخانه جراحی تأمین می‌شده است. در حوضه آبخیز این تالاب

شود و هم تالاب به عنوان یک اکوسیستم زنده به حیات خود ادامه دهد و کارکردهای خاص خود را از دست ندهد (درگاهیان، ۱۳۹۸).

روند تغییرات آب ورودی به تالاب روند کاهشی داشته به طوری که در سال‌های اخیر براساس آمار ایستگاه هیدرومتری شادگان دبی ورودی به تالاب به کمتر از ۲ متر مکعب در ثانیه در سال رسیده است. بررسی ارتباط بین مساحت سطح آب تالاب و رخداد خشک‌سالی هیدرولوژی نشان داد که رخداد خشک‌سالی تا ۵۰ درصد تغییرات مساحت آب تالاب را تبیین کرده است و ۵۰ درصد دیگر تغییرات سطح آب تالاب را می‌توان ناشی از سایر عوامل از جمله ورود زه‌آب‌های ورودی از نیشکر و سایر عوامل مانند پساب‌های شهری و صنعتی و غیره دانست. از سال ۱۳۸۴ براساس آمار ایستگاه هیدرومتری شادگان دبی ورودی به تالاب روند کاهشی داشته است اما با مساحت آب تالاب که روند افزایشی داشته است، همخوانی ندارد. بررسی منابع آب ورودی به تالاب نشان داد که در سال‌های قبل از ۱۳۸۱ منابع آب ورودی به تالاب از رودخانه جراحی، رواناب‌های فصلی حوضه کوپال و سرریز سیلاب‌های کارون بوده است. اما در سال‌های اخیر با توجه به احداث بندها و سد‌های زیادی در منطقه، تنها منبع ورودی به تالاب رودخانه جراحی

است؛ لذا وضعیت منبع ورودی دیگری به تالاب که همان زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر بود به دبی جراحی افزوده شد و ارتباط بین مجموع دبی ورودی و مساحت آب تالاب با ضریب نزدیک به  $R^2=0/8$  تبیین شد. سایر عوامل مؤثر بر تغییرات مساحت آب تالاب شامل، اندازه‌گیری تبخیر از سطح آب تالاب و همچنین مصارف و برداشت آب از تالاب که آمار درست و دقیقی از آن در دست نیست. بنابراین پیشنهاد می‌شود به منظور مدیریت منابع آب تالاب و مدیریت یکپارچه حوضه آبریز تالاب علاوه بر پایش پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی مربوط به حوضه آبریز تالاب اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌های تالاب به‌طور دقیق و منظم و با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پایش روند خشکیدگی تالاب شادگان و نقش آن در تولید غبار است که توسط مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شده است، از حمایت‌های معاونت پژوهشی مؤسسه قدردانی می‌شود.

### یادداشت‌ها

1. Streamflow Drought Index
2. Support Vector Machine

### منابع

- اقتدارنژاد، م؛ بذرافشان، ا؛ صادقی لاری، ع، (۱۳۹۵). ارزیابی تطبیقی شاخص‌های SDI و RDI در تحلیل مشخصه‌های خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: دشت بم)، نشریه دانش آب و خاک، ۲۶ (۴)، صص ۸۱-۶۹.
- اسکندری دامنه، ح؛ زهتابیان، غ؛ خسروی، ح؛ آذره، ع، (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل ارتباط زمانی و مکانی بین خشک‌سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در استان تهران. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، ۹۶ (۲۴)، صص ۱۲۰-۱۱۳.
- بلوچی، ل؛ ملک محمدی، ب، (۱۳۹۱). ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی تالاب بین‌المللی شادگان براساس شاخص‌های عملکرد اکولوژیکی، مجله محیط شناسی، ۳۹ (۱)، صص ۱۱۲-۱۰۱.
- بیات، ر؛ جعفری، س، (۱۳۹۴). بررسی تغییرات سطح آب تالاب شادگان به کمک شاخص NDWI، اولین کنفرانس بین‌المللی گرد و غبار، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

- پورخباز، ح؛ یوسفی خانقاه، ش؛ صالحی پور، ف، (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی تالاب شادگان با استفاده از سنج از دور و GIS و ارائه راهکارهای مدیریتی، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۷(۲۵)، صص ۵۵-۶۶.
- خلیفه نیل ساز، م، (۱۳۹۵). پایش اکولوژی تالاب شادگان، نشر موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.
- چاوک، ج؛ محسنی، م، (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب پریشان با استفاده از سنجش از دور، مجله زیست سپهر، ۱۱(۲)، صص ۱۹-۱۱.
- حسینی، سم؛ نبوی، ب؛ رجب زاده، ا، (۱۳۸۹). مقایسه روند تغییرات ارزش‌های حفاظتی تالاب شادگان به روش (Salm and Price, IMO, IUCN) طی دهه‌های ۶۰ تا ۸۰، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱(۴)، صص ۳۷-۲۱.
- خانقلی، ا؛ نادری، م؛ هادی پور، م؛ عالی پوراردی، م، (۱۳۹۷). برآورد حداقل نیاز آبی محیط زیستی تالاب کویری میقان، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۰(۳)، صص ۹۱-۱۰۲.
- درگاهیان، ف؛ رضوی زاده، س؛ لطفی نسب اصل، س، (۱۳۹۷). نقش مدیریت منابع آب به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در تشدید فعالیت کانون گردو غبار جنوب و جنوب شرق اهواز، نشریه طبیعت ایران، ۴(۳)، صص ۳۳-۲۶.
- درگاهیان، ف؛ ابراهیمی خوسفی، ز؛ کاظمی، ا، (۱۳۹۹). بررسی تغییرات شدت خشک‌سالی در حوزه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گردوغبار استان خوزستان، نشریه مهندسی اکوسیستم بیابان، ۹(۲۷)، صص ۲۴-۱۳.
- درگاهیان، ف، (۱۳۹۸). زهاب نیشکر در تالاب شادگان: تهدید یا فرصت؟ مجله طبیعت ایران، ۴(۳)، صص ۹-۷.
- دسترنج، ح؛ توکلی، ف؛ سلطانپور، ع، (۱۳۹۷). بررسی تغییرات سطحی و حجمی آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتفاع سنجی ماهواره‌ای، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۰(۳۷)، صص ۱۶۳-۱۴۹.
- دشتی، س.س؛ سبزیبایی، غ.ر؛ جعفرزاده، ک؛ بزم آرا بلشتی، م، (۱۳۹۷). ارزیابی روند تغییرات تالاب ساحلی میانکاله با رویکرد آمایش سرزمین، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۰(۴)، صص ۲۰-۵.
- ظهراپی، ن؛ علی‌زاده، ا؛ حسونی‌زاده، ه؛ حسین زاده، س.م، (۱۳۹۳). پهنه‌بندی شاخص کیفی رودخانه جراحی بر اساس NSFQWI و با استفاده از سامانه اطلاعات، جغرافیایی، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۶(۲۲)، صص ۴۰-۳۱.
- سیما، س؛ تجربینی، م، (۱۳۸۵). برآورد نیاز آب زیست‌محیطی تالاب شادگان، هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده عمران، تهران، ایران.
- کریمی، پ؛ میرسنجری، م، (۱۳۹۷). تحلیل تخریب سیمای سرزمین در تالاب بزرگ هویزه با استفاده از دورکاوی، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۰(۱)، صص ۵۴-۳۹.
- لطفی، ا، (۱۳۸۱). طرح مدیریت زیست‌محیطی تالاب شادگان گزارش شماره ۱، محیط طبیعی بوم سازگان تالاب شادگان، وزارت جهاد کشاورزی معاونت آب و خاک، پروژه بهسازی آبیاری، مهندسين مشاور پندام.
- مهرپویان، م؛ جامی، م؛ پورکرمانی، م، (۱۳۹۲). بررسی تغییرات سالانه و فصلی دریاچه جازموریان در سال‌های ۱۹۷۲-۲۰۱۲ میلادی با کمک تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزار GIS پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران‌های طبیعی، دبیرخانه دائمی کنفرانس مدیریت جامع بحران، تهران، ایران.
- محمودی، ر؛ مریم، ر.ع؛ آقایی، ج، (۱۳۹۲). ارزیابی زیستی تالاب شادگان با استفاده از شاخص هیلسنهوف، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۵(۱۷)، صص ۸۶-۷۵.

- Byun, H. R., & Wilhite, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12(9), 2747-2756.
- Chen, J., Wang, S. Y., & Mao, Z. P. (2011). Monitoring wetland changes in Yellow River Delta by remote sensing during 1976–2008. *Progress in Geography*, 5.
- Chen, L., Jin, Z., Michishita, R., Cai, J., Yue, T., Chen, B., & Xu, B. (2014). Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery. *Ecological Informatics*, 24, 17-26.
- Papastergiadou, E. S., Retalis, A., Apostolakis, A., & Georgiadis, T. (2008). Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a Mediterranean wetland of Northern Greece. *Water Resources Management*, 22(5), 579-594.
- Haack, B. (1996). monitoring wetland changes with remote sensing: an East African example. *Environmental Management*, 20(3), 411-419.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M. (2011). Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*, 38(10), 1141-1149.
- Kayastha, N., Thomas, V., Galbraith, J., & Banskota, A. (2012). Monitoring wetland change using inter-annual landsat time-series data. *Wetlands*, 32(6), 1149-1162.
- UNNEP. 2001. The Mesopotamian Marshlands: Demise of an ecosystem, early warning and assessment report, UNEP/DEWA/TR.01-3 Rev.1, Division of Early Warning and Assessment, Nations Environmental Program, Nairobi, Kenya. 101.
- Zhang, S., Na, X., Kong, B., Wang, Z., Jiang, H., Yu, H., & Dale, P. (2009). Identifying wetland change in China's Sanjiang Plain using remote sensing. *Wetlands*, 29(1), 302.