



Journal of Environmental Studies

Vol. 46, No. 2, Summer 2020

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir

Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Investigating the Trend of Changes in Water Area of Shadegan Wetland and its Relation to Drought Occurrence Hydrology and Sugarcane Drainage Water (Jarahi watershed)

Fatemeh Dargahian*· Mohammad Khosroshahi, Sakineh Lotfinasabasl

Research institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

DOI: [10.22059/JES.2021.307028.1008052](https://doi.org/10.22059/JES.2021.307028.1008052)

Document Type
Research Paper

Received
January 20, 2020

Accepted
May 14, 2020

Abstract

Wetlands in arid and semi-arid regions play a vital role in the region's ecosystem. Drying of wetlands can be caused by natural factors; Decreased rainfall, increased temperature, increased evaporation, drought and human factors; Reduce discharge in order to exploit water in agricultural networks and maintain it in upstream. In order to investigate the relationship between hydrological drought and its role on changes in water area of Shadegan wetland, stream drought index (SDI) was used for the surgical catchment with 10 stations with a statistical period of 30 years. Hydrological drought characteristics including frequency, continuity and magnitude were calculated and analyzed for decades for the wetland catchment area. Landsat TM, ETM + and OLI sensors from 1998 to 2017 were used to monitor the water level of Shadegan Wetland. Three stages of pre-processing, processing and post-processing were performed on the images and the images were classified into three categories of water, vegetation and without cover or soil using supervised classification by support vector machine (SVM) method. Classification accuracy for images was calculated using two indicators, overall accuracy and kappa. Changes in discharge of Shadegan hydrometric station as the last entrance station of Jarahi River to wetland and other sources of water entering the wetland whose flow rate was measurable and available information, such as sugarcane drains, were calculated and their values with changes in wetland water area compared. The results showed that although the frequency, continuity and magnitude of drought in the wetland catchment area has increased in the last decade compared to other decades, but the water area of the wetland has increased. The water area of the wetland in the last decade was not consistent with the outflow of the last Shadegan hydrometric station, but was related to the inflow of sugarcane and Shadegan discharge. Therefore, sugarcane drainage, regardless of its quality, due to the severity, continuity and magnitude of drought in the last decade has played an important role in the rehabilitation of Shadegan wetland as a living ecosystem.

Keywords: Wetland ecosystem, Hydrological drought, Sugarcane drainage, Jarahi River.

* Corresponding author

Email: Fatemeh.dargahian@gmail.com, dargahian@rifr-ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Shadegan International Wetland is one of the largest wetlands in the country, which was included in the list of international wetlands of the Ramsar Convention in August 1975. This wetland is very important with its great biodiversity and various functions such as flood control, air conditioning, soil erosion control and livelihood of a part of human communities. Wetlands ecosystems play an important role in the ecosystem in arid and semiarid regions. Drying these ecosystems can be caused by human and natural factors; Meteorological droughts are caused by natural factors such as precipitation and temperature rise and evaporation, but in the event of hydrological drought, despite the above factors, human factors in water management play a key role. Climate change and ongoing droughts with rising temperatures and evaporation and declining humidity and runoff in catchments and by human intervention through the construction of dams and large irrigation networks, the entry of agricultural wastewater, industrial and urban pollution and the oil ecosystem have made it difficult for wetlands.

The trend of climate change and the occurrence of continuous droughts with increasing temperature and evaporation and decreasing humidity and runoff in catchments, especially in the catchment area of wetlands located in arid and semi-arid regions, like Shadegan, and due to human intervention, ecosystems have caused wetlands problems and caused them irreparable damage. The purpose of this article is to monitor the wetland surface area of the wetland over a period of 30 years. The relationship between the occurrence of hydrological drought and the water area of the wetland and the calculation of the drainage water entering the wetland and its relationship with the water area of the wetland are the objectives of this article. The results of this paper will help water resource management decision makers to provide both wetland water supply from the Jarahi River freshwater source and integrated sugarcane drainage potential with respect to its treatment as an opportunity to save the wetland as an ecosystem. Live help with multiple functions.

Materials and Methods

In order to investigate the relationship between hydrological drought and its role on Shadegan wetland changes, Streamflow Drought Index (SDI) was used. For Jarahi basin with 10 stations, has a 30-year period. Hydrological drought characteristics including the frequency of continuity and magnitude were calculated and analyzed for decades for the catchment area of the wetland. To calculate the duration of the drought, the year of occurrence was calculated as the first year and its continuation until the conditions became positive. Drought magnitude is obtained from the positive sum of droughts in each decade

Landsat TM and ETM + and OLI satellite images were used in the years 1988 to 2017 in June. Three stages of preprocessing, processing, and post-processing on images are carried out and to categorization use of Supervised Vector Machine (SVM). The images were classified into three classes of water, vegetation, and no cover or soil. In order to evaluate the classification accuracy of classified images, two indicators, total accuracy and kappa were calculated. Changes in Discharge The Shadegan hydrometric station were calculated as the last entry point of the Surgical river to the wetland and other water sources entering to Shadegan wetland, whose discharge was measurable and available, such as sugar cane drainage water. Their values were compared with changes in wetland area water. Data's related to discharge from other sources of water entering to wetland, which was caused by sugarcane drains, was received in millions of cubic meters and converted to cubic meters per second, so that with the data's of discharge, the last entry point to Shadegan wetland from Jarahi River and be consistent. The water area of the wetland was compared and analyzed with hydrological drought. Then, its relationship with the inflow to the wetland was identified and analyzed, and the role of the inflow of sugarcane in increasing the water area of the wetland was revealed.

Results and Discussion

Naturally, the most important source of water for wetlands is seasonal and permanent rivers and runoff from the watersheds leading to them. The frequency of occurrence, persistence and magnitude of drought in the watershed area of the wetland leads to a decrease in freshwater inflow to the wetland. Meteorological drought, especially in the last decade, and the development of irrigation networks and the construction of dams have been the main reasons for the occurrence of hydrological drought in the watershed, resulting changes in the water level of Shadegan wetland. The frequency of hydrological droughts of the decade in the watershed of Shadegan wetland has been increasing and in the last decade the drought storm has reached 8 to 9 event. The persistence of hydrological droughts in the basin has an increasing trend, although there is no continuity in the first decade, but in the second decade in most stations the continuity is three years and in the third period the drought is 8 years. At Shadegan station, which is the last water entry station to the lagoon, the continuity has reached 9 years. The study of the large size of the hydrological drought of the decade in the watershed of Shadegan in the first and second decades was low, but in the third decade the magnitude of the drought reached more than 8, which indicates the persistence and pervasiveness of the drought in the third decade.

The trend of 30-year changes in the water area of Shadegan wetland is increasing. Prior to the arrival of the drainage system due to sugarcane projects, the highest water area of the wetland was 22.4%, which was due to the conditions of the watershed related to the wetland facing severe wet conditions. In 2005, the wetland's water area reached its maximum value during the 30-year period under surveillance; in the previous year, 240 million m³ of Drainage water entered the wetland from sugarcane projects, and this year 266 million m³ of Drainage water entered the wetland. In addition, mild wetland conditions have prevailed in the watershed this year. Therefore, the water area of the wetland in the early years was subject to precipitation conditions in the wetland watershed and since the year that sugarcane drainage entered the water of the wetland, it has been subject to precipitation conditions and the volume of incoming drainage water from sugarcane projects.

Conclusions

Naturally, the most important source of water supply for wetlands is seasonal and permanent rivers and runoff leading to them. Frequency of occurrence, persistence and magnitude of drought in the catchment area of the wetland lead to a decrease in fresh water entering the wetland. Meteorological drought, especially in the last decade and the development of irrigation networks and construction of dams and earth dams have been the most important reasons for hydrological drought in the catchment area and as a result of changes in water level of Shadegan wetland (Dargahian et al., 1397). Drought is an integral part of the nature of Iran, especially the arid and semi-arid region, including the study area. The whole basin has been facing the longest drought cycle. The results showed that although the frequency of drought persistence and magnitude increased in recent decades compared with other decades, the area of wetland water has increased trend. The area of the wetland in the last decade has not been consistent with the discharge exit from the last hydro meteorological station of Shadegan, but has been associated with the total amount of water entering the sugar cane and discharge Shadegan hydro meteorological station. Therefore, sugarcane Drainage water, regardless of its quality, has played a key role in the recovery of the Shadegan wetland as a living ecosystem in recent decades, due to the severity and severity of drought.

بررسی روند تغییرات مساحت آب تالاب شادگان و ارتباط آن با خشک‌سالی هیدرولوژی و زه‌آب نیشکر

فاطمه درگاهیان*، محمد خسروشاهی، سکینه لطفی نسب اصل

موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

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) 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) 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 به‌عنوان 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 به‌عنوان یک اکوسیستم زنده نقش مهمی داشته است.

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

سرآغاز

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

تالاب بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های بزرگ کشور است که در مرداد ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های

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 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 (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۴). ارزیابی روند تغییرات تالاب ساحلی

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 تجریشی، 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

ورودی از رودخانه جراحی به تالاب نقش زه آب ورودی از نیشکر در افزایش سطح آب تالاب آشکار شود. و به تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع آب کمک کند تا با مدیریت یکپارچه هم حقایق تالاب از منبع آب شیرین رودخانه جراحی تأمین شود و هم به پتانسیل زه آب 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 کیلومترمربع 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).

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.

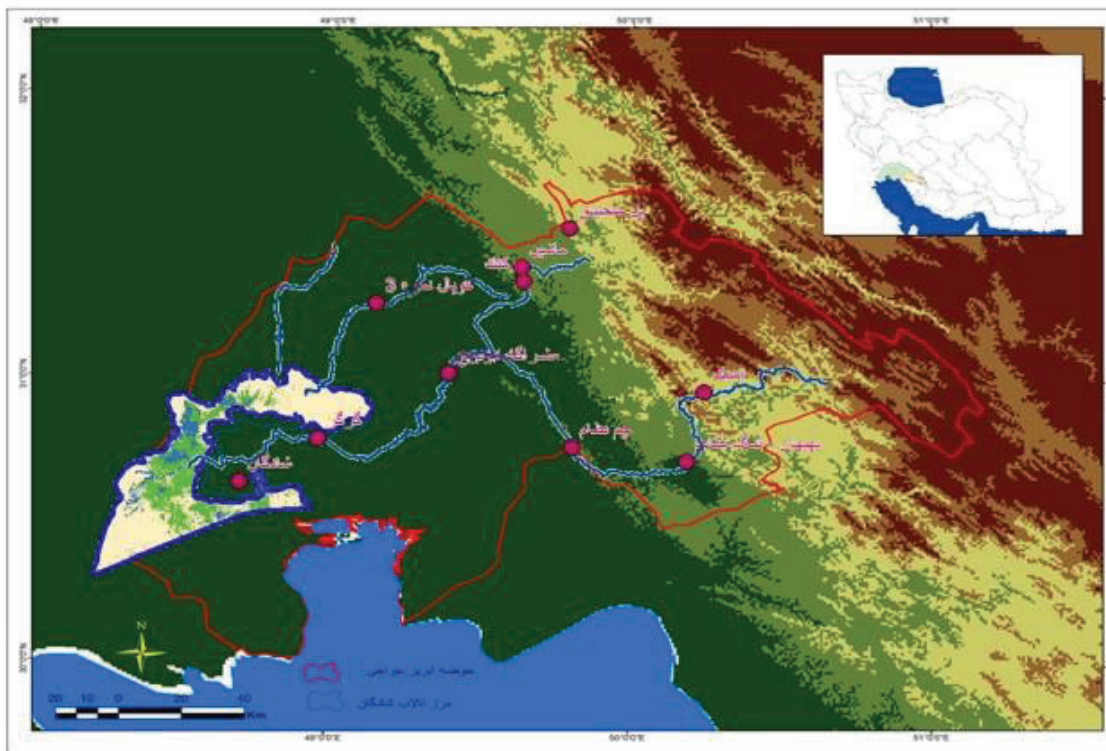
$$SDI_{j,k} = V_{j,k} - V_k/S_k \quad (1)$$

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

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

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 (دشتی و همکاران، ۱۳۹۷). پایش سطح آب تالاب میقان از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ حاکی از روند کاهش 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 پربابی 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 زه آب‌های 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 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 زه آب ورودی به تالاب و ارتباط آن با مساحت آب تالاب از اهداف این مقاله است تا با وجود کاهش شدید دبی



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

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

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

است (اقتدارنژاد، ۱۳۹۵). شاخص خشک‌سالی جریان‌های رودخانه‌ای یا SDI استفاده شد. این شاخص توسط نالبانتیس و همکاران برای مشخص کردن خشک‌سالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد (اسکندری، ۱۳۹۴).

در زمینه خشک‌سالی هیدرولوژیکی تاکنون دو شاخص معروف تحت عنوان شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی پالمیر و شاخص ذخیره آب سطحی پیشنهاد شده که به دلیل محاسبات زیاد و پیچیدگی، کمتر مورد توجه قرار گرفته

بدین گونه که نخست از طریق ورود پارامترهای کالیبراسیون موجود در متادیتای همراه تصاویر، DN به رادینس 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.

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 به‌عنوان نخستین سال و تداوم آن تا مثبت شدن شرایط محاسبه شد. بزرگی خشک‌سالی از مجموع مثبت خشک‌سالی‌ها در هر دهه به‌دست آمده است.

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.

جدول ۲. وضعیت‌های خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر اساس شاخص SDI

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

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 هم واحد شده و همخوانی داشته باشند. مساحت آب تالاب با خشک‌سالی هیدرولوژی مقایسه و تحلیل شد سپس ارتباط آن با زه‌آب ورودی به تالاب

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

شناسایی و تحلیل و نقش زه‌آب ورودی از نیشکر در افزایش مساحت آب تالاب آشکار شد.

تعداد رخدادهای خشک‌سالی به ۸ تا ۹ سال رسیده است (شکل ۲).

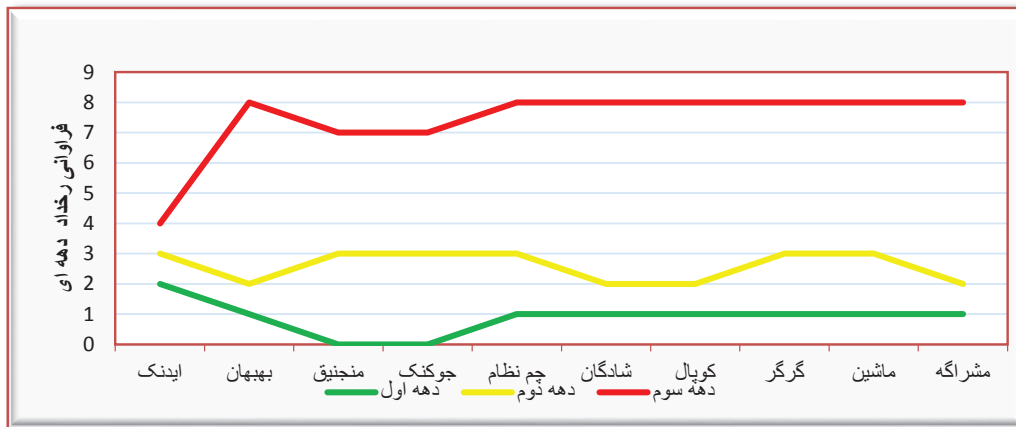
نتایج

فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان

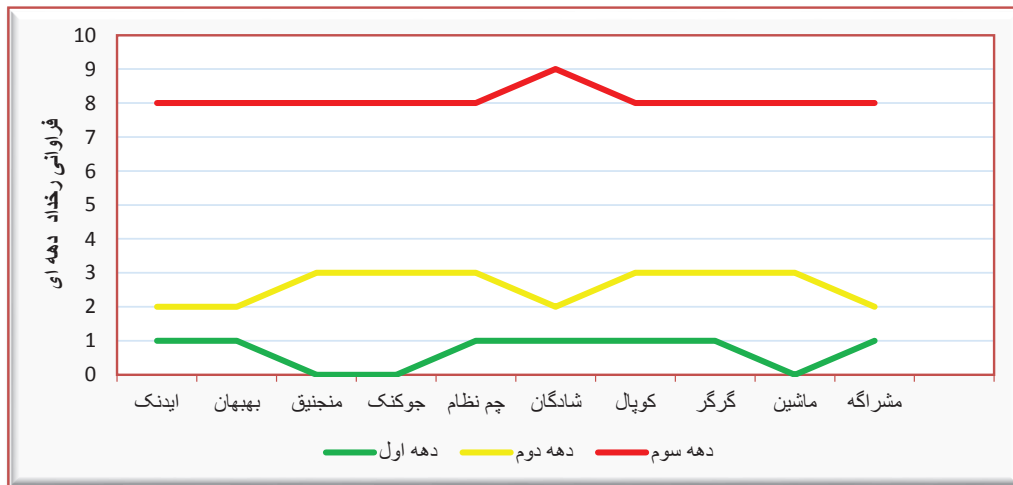
بررسی روند خشک‌سالی دهه‌ای براساس استفاده از شاخص خشک‌سالی SDI در محدوده حوضه تالاب نشان می‌دهد که در دهه نخست تنها یک مورد خشک‌سالی رخ داده است در دوره دوم بر تعداد خشک‌سالی‌ها افزوده شده و در بیشتر ایستگاه‌ها سه سال خشک‌سالی رخ داده است. در دهه سوم به‌استثنای ایستگاه ایدنک که قبل از سد مارون قرار دارد،

تداوم خشک‌سالی هیدرولوژی درحوضه 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).



شکل ۲. فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی



شکل ۳. تداوم خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی

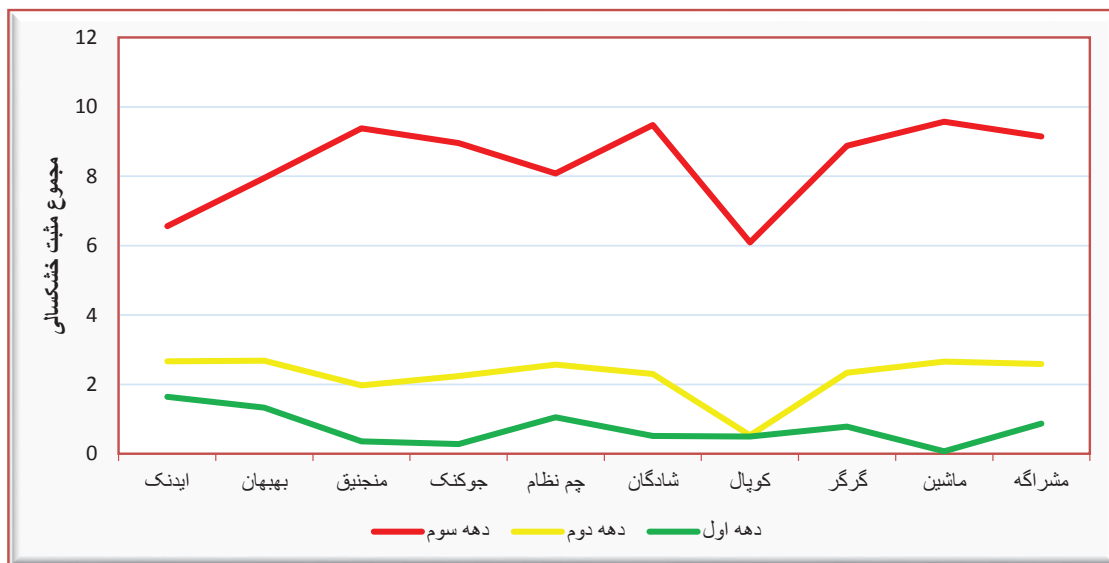
کوپال احداث شده است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۷). در مسیر این رودخانه شبکه‌های عظیم آبیاری بنا شده است. شبکه آبیاری بهبهان برای تأمین آب اراضی کشاورزی ساحل راست و چپ رودخانه با وسعت ۱۳۵۰۰ هکتار، شبکه آبیاری جایزان برای تأمین آب اراضی کشاورزی به وسعت ۶۵۰۰ هکتار توسط کانال‌های شبکه آبیاری مدرن، شبکه آبیاری 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، به شدت 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).

اندازه بزرگ خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز تالاب شادگان

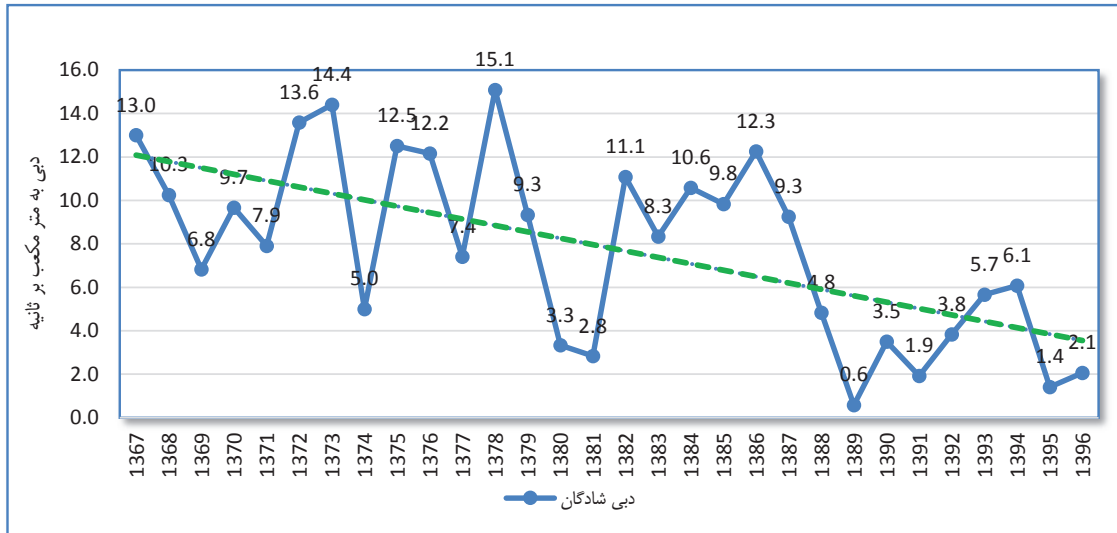
جمع مثبت تمام رخدادهای خشک‌سالی (خشک‌سالی ضعیف تا بسیارشدید) در محدوده زمانی مورد مطالعه به‌عنوان شاخص بزرگی خشک‌سالی اطلاق می‌شود. از این شاخص به‌عنوان یکی از شاخص‌های پایش پدیده خشک‌سالی در آمریکا استفاده می‌شود (Byun and Wilhite, 1999). در دهه نخست و دوم بزرگی خشک‌سالی کم بوده اما در دهه سوم بزرگی 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



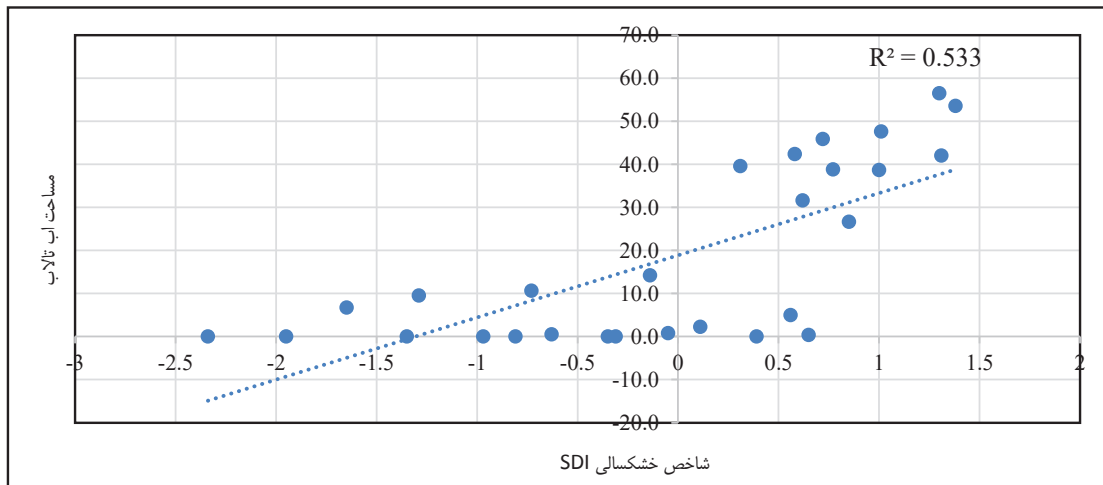
شکل ۴. بزرگی خشک‌سالی هیدرولوژی دهه‌ای در حوضه آبریز جراحی



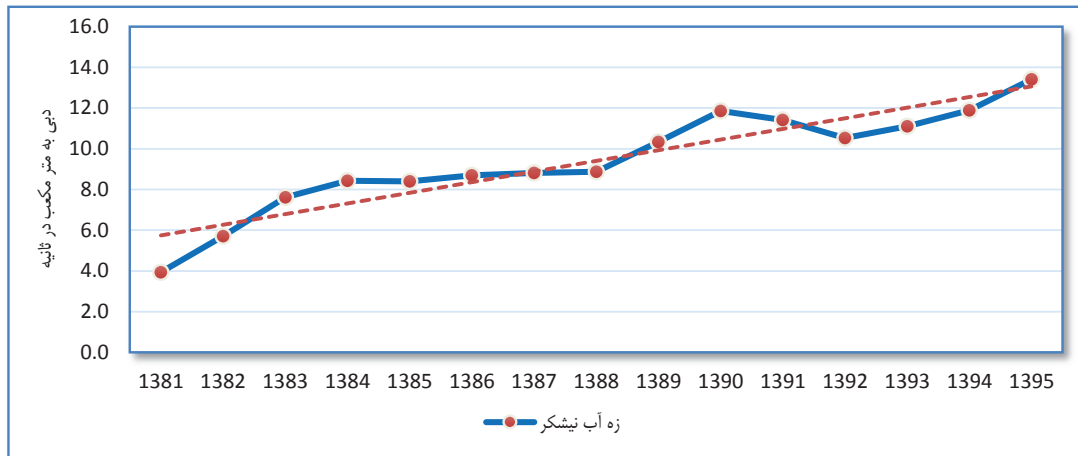
شکل ۵. روند تغییرات دبی ورودی به تالاب از ایستگاه هیدرومتری شادگان

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 است. در



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



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

زه آب ورودی از طرح‌های نیشکر به تالاب شادگان

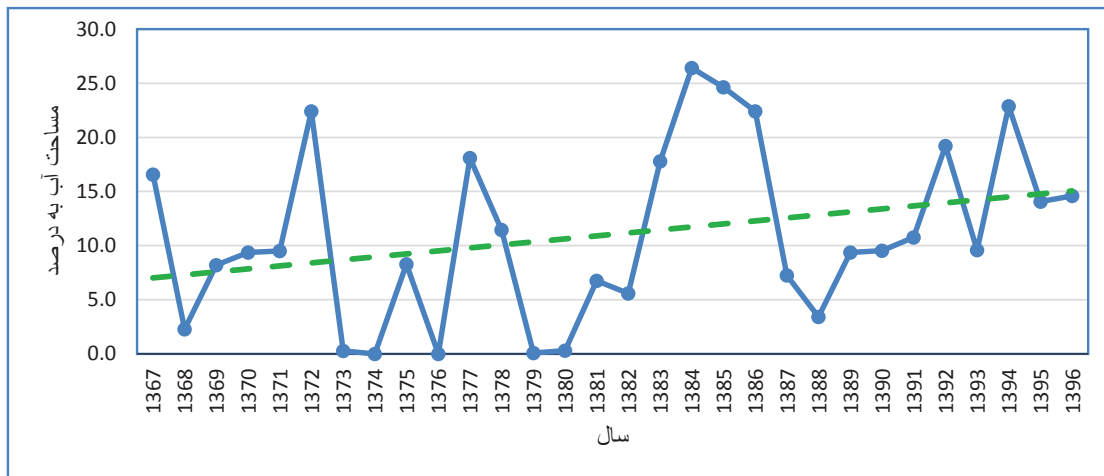
سایر منابع آب ورودی به تالاب شامل سرریز سیلاب‌های کارون، رواناب‌های آبراهه کوپال و زه‌آب‌های طرح‌های نیشکر در شرق کارون شامل طرح نیشکر فارابی، سلمان فارسی و دعبل خزاعی است. طی دو دهه اخیر بر اثر رخداد خشک‌سالی‌های مداوم و احداث بندهای خاکی متعدد بر آبراه‌های فصلی به‌ویژه در حوضه آبریز کوپال جریان ورودی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

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.

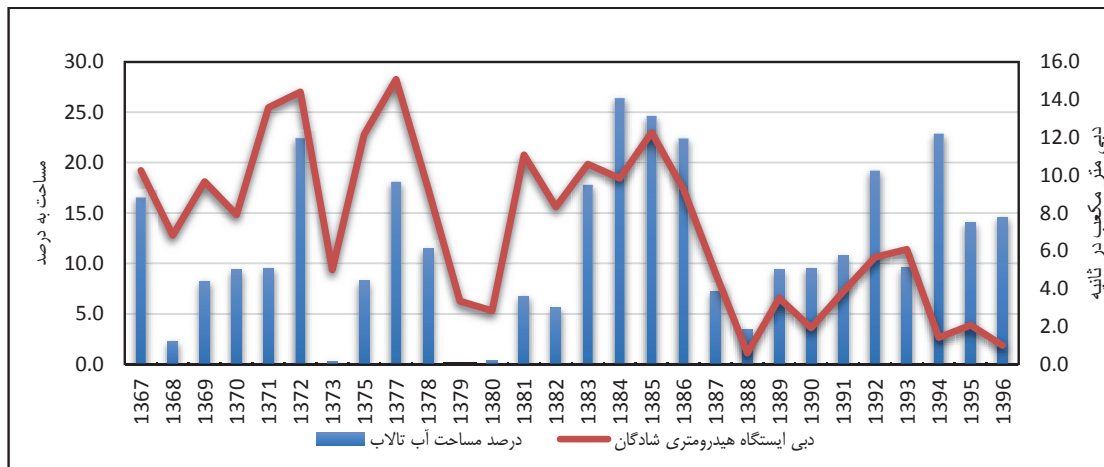


شکل ۸. روند تغییرات مساحت آب تالاب شادگان ۱۳۶۷-۱۳۹۶

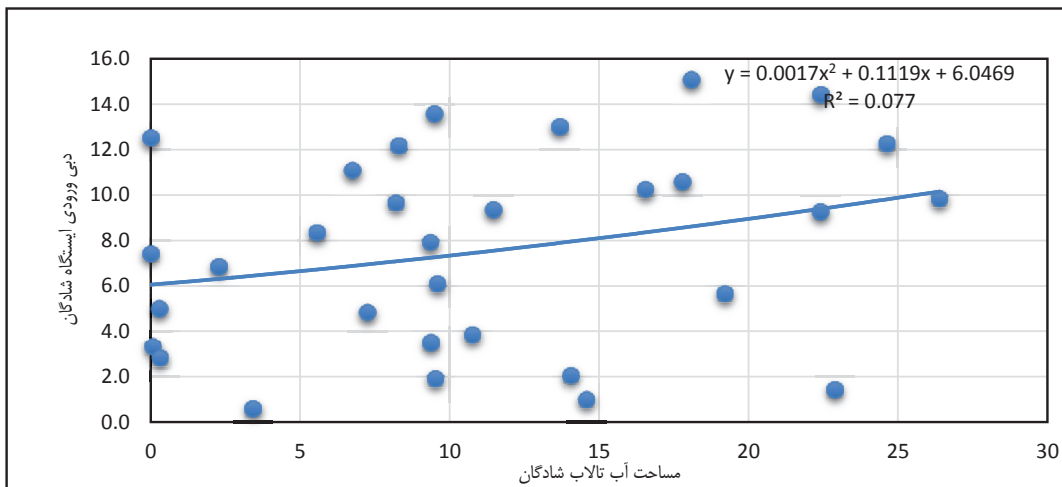
در سال‌های اخیر با توجه به احداث بندها و سد‌های زیادی در منطقه و تنها منبع ورودی به تالاب، رودخانه جراحی است؛ لذا وضعیت منبع ورودی دیگری به تالاب که همان زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر بوده را باید رصد کرد و دبی آن را به دبی جراحی افزود (شکل ۱۱) تا بتوان بین دبی ورودی و مساحت آب تالاب رابطه پیدا کرد. مجموع دبی ورودی به تالاب که شامل دبی ورودی از ایستگاه هیدرومتری شادگان و مجموع دبی ورودی از طرح‌های نیشکر به تالاب محاسبه و ارتباط آن با مساحت آب تالاب بررسی شد (شکل ۱۲).

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح آب تالاب و منابع آب ورودی به تالاب

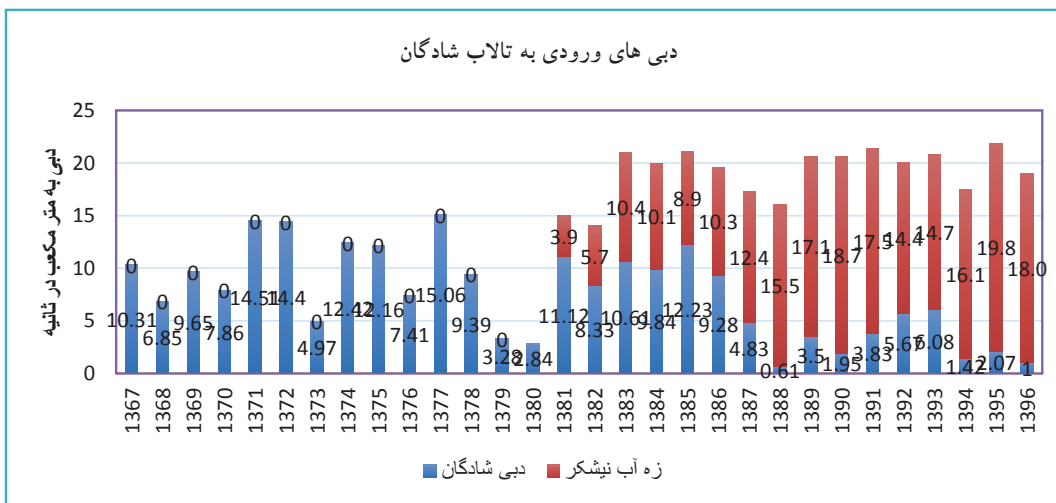
از سال ۱۳۸۴ براساس آمار ایستگاه هیدرومتری شادگان دبی ورودی به تالاب روند کاهشی داشته است اما با مساحت آب تالاب که روند افزایشی داشته است، همخوانی ندارد شکل ۱۰ به طوری که ارتباطی بین مساحت آب تالاب و آب ورودی از آخرین ایستگاه هیدرومتری به تالاب وجود ندارد (شکل ۱۰). بررسی منابع آب ورودی به تالاب نشان داد که در سال‌های قبل از ۱۳۸۱ منابع آب ورودی به تالاب از رودخانه جراحی، رواناب‌های فصلی حوضه کوپال و سرریز سیلاب‌های کارون بوده است. اما



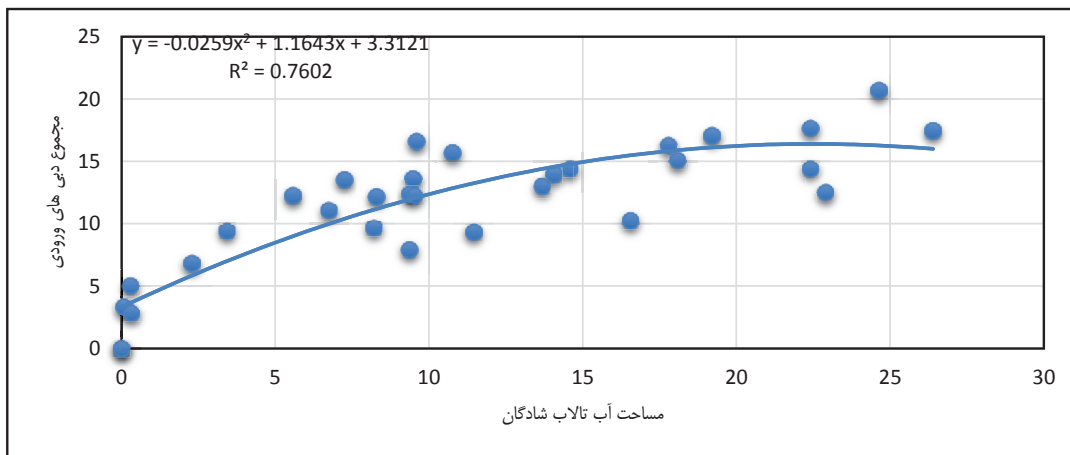
شکل ۹. روند تغییرات دبی ایستگاه هیدرومتری شادگان و درصد مساحت آب تالاب



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 نتیجه‌گیری

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 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، 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 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 به‌شدت مؤثر بوده است. نتایج حاصل از میانگین شاخص NSFQI در رودخانه جراحی نشان داد که کیفیت آب تالاب در رده بد قرار دارند (ظهراپی 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

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

اخیر ورود زه‌آب طرح‌های نیشکر با انتقال آب از حوضه آبخیز مجاورحوضه 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 شود و هم تالاب به‌عنوان 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

منابع

- اقتدارنژاد، م؛ بذرافشان، ا؛ صادقی لاری، ع، (۱۳۹۵). ارزیابی تطبیقی شاخص‌های SDI، RDI و SPI 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 ۱۰۲-۹۱.
- 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 گردو غبار 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؛ سبزقبایی، 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 NSFQI و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۶ (۲۲)، صص ۴۰-۳۱.
- سیماء، س؛ تجریشی، 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

اکویولوژی تالاب، (۱)۱۰، صص ۳۹-۵۴.

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، مهندسین 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.

محمدی، ر؛ مریم، ر. ع؛ آقایی، ج، (۱۳۹۲). ارزیابی زیستی تالاب شادگان با استفاده از شاخص هیلسنهوف، مجله اکویولوژی تالاب، (۱۷)۵، صص ۷۵-۸۶.

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.