



Print ISSN: 2251-7480  
Online ISSN: 2251-7400

Journal of  
**Water and Soil  
Resources Conservation  
(WSRCJ)**

**Web site:**

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

**Email:**

[iauwsrcj@srbiau.ac.ir](mailto:iauwsrcj@srbiau.ac.ir)  
[iauwsrcj@gmail.com](mailto:iauwsrcj@gmail.com)

**Vol. 14  
No. 1 (53)**

**Received:**  
2023-11-18

**Accepted:**  
2024-04-27

**Pages: 53-65**

## Assessing the Relationship between the Shadgan Wetland Fluctuation levels and Water EC in Time Duration, Using Satellite Images and Geostatistical Methods

Bahman Yargholi<sup>1\*</sup> and Yasaman Samaei

- 1) Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Alborz, Iran.
- 2) M.Sc. Graduate, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

\*Corresponding author emails: yar\_bahman@yahoo.com

**Abstract:**

**Introduction:** Wetlands are highly beneficial to human societies due to their positive environmental functions, direct and indirect functions, as well as their value as an asset. It has led to an increase in the attention given to their restoration and maintenance in different societies. Shadgan Wetland contains fresh-salty, and brackish water, and approximately 900 million cubic meters of Jarahi water resources enter Shadegan every year. The wetland is at risk of serious harm as a result of the developmental activities occurring around it, which are causing pollutants to enter the wetland and reducing the quantity of fresh water coming in. A number of factors contribute to the destruction of this wetland, including over-exploitation from its water resources, the discharge of urban waste within its limits, the fragmentation of the wetland as a result of road construction, the construction of stations to increase the pressure on electricity, gas and oil pipelines, as well as effluents from industries such as bread making, alcohol production, sugarcane cultivation and industry. The economic value of wetlands and climate regulation, flood prevention, protection of plant and animal diversity, beauty and inherent visual attractions of wetlands, tourist attractions, as well as creating an opportunity for migratory birds to nest and a place for scientific research are among the most important considerations in the design of a wetlands. The development of water resources schemes and the regulation of river flows are often recognized as the most serious threats to the ecological sustainability of rivers and wetlands.

**Method:** This study attempts to determine the change in water salinity of Shadegan wetland in the last five decades using the electrical conductivity index due to the importance of Shadegan wetland in various ways. Finally, a relationship has been established between the area and the salinity of this significant wetland. Also, by using electrical conductivity data from 23 stations in the lagoon and with the help of satellite images and remote sensing techniques and interpolation methods (IDW), the changes of this index in the mentioned period were investigated, leading to a mathematical relationship.

**Results and Discussion:** According to the research results, upstream human activities, especially dam constructions and agricultural development projects, have had a great impact on the quantity and quality of the wetland. With climate change and drought, these effects have intensified, resulting in a reduction of the wetland level as well as an increase in the salinity of the wetland water. These changes can be observed both in terms of their temporal and spatial dimensions. Consequently, the results show the trend of increasing salinity from the southern parts to the north and also the greater manifestation of the increase in salinity in the southern parts due to the decrease in the incoming fresh water flow (more than twice). According to the results, there are three salinity levels in the wetland: saline, brackish water, and super salinity, and a salinity increase is observed in all three zones. The present results and equations are used as an achievement by water and environment managers and they can estimate the EC of water in key and indicator stations and finally at the level of the wetland by measuring the size of the wetland using different technologies. So over time, the levels and zones of saline and super salinity have expanded, and the levels of brackish water have decreased. It is expected that this process will continue over time, resulting in the sea salt water advancing towards the wetland and increasing the amount of salinity within it.

**Conclusions:** According to this study, based on the relationship between salinity and the level of the wetland, as well as the water area of the wetland, it is possible to estimate its salinity in three zones. By measuring the salinity of water at several key stations within each of the three zones, the wetland's water level can be estimated. In monitoring, managing, and qualitatively protecting the wetland and consequently its species, this equation and its relationships can play an important role.

**Keywords:** geostatistical methods, Satellite Images, Shadegan wetland, water salinity, water area



## بررسی رابطه تغییرات سطح تالاب شادگان و EC آب تالاب در طی زمان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های زمین‌آماری

بهمن یارقلی<sup>۱\*</sup> و یاسمن سمائی<sup>۲</sup>

(۱) استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران.

(۲) فارغ التحصیل ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

\* ایمیل نویسنده مسئول: yar\_bahman@yahoo.com

### چکیده:

**مقدمه و هدف پژوهش:** تالاب‌ها به‌واسطه‌ی برخورداری از کارکردهای مثبت محیط‌زیستی و ارائه خدمات مستقیم و غیرمستقیم به جوامع بشری و نیز به‌عنوان یک دارایی، بسیار حائز اهمیت هستند. این امر باعث شده در جوامع مختلف توجه فزاینده‌ای برای احیا و نگهداری آن‌ها صورت گیرد. تالاب شادگان تالابی است با آب شیرین-شور و لب‌شور و سالانه حدود ۹۰۰ میلیون مترمکعب از منابع آبی جراحی وارد شادگان می‌شود. متأسفانه این تالاب به‌واسطه‌ی فعالیت‌های توسعه‌ای پیرامون آن، افزایش ورود آلاینده‌ها و کاهش جریان‌های شیرین ورودی، با تهدید جدی روبرو است. برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب تالاب و تخلیه زباله‌های شهری درون محدوده‌ی آن در کنار تکه‌تکه کردن تالاب به‌واسطه احداث جاده‌ها، ایجاد ایستگاه‌های تقویت فشار برق، گاز و لوله‌گذاری نفت و نیز ایجاد صنایعی چون نوبانسازی، الکل‌سازی و کشت و صنعت نیشکر که پساب خود را درون تالاب تخلیه می‌کنند، همه و همه در نابودی این تالاب نقش داشته و دارند. ارزش اقتصادی تالاب‌ها از یک‌سو و تنظیم آب و هوا، جلوگیری از سیل، حفاظت از تنوع گیاهی و جانوری، زیبایی و جاذبه‌های بصری ذاتی تالاب، جاذبه‌های توریستی و ایجاد فضایی برای زندگی پرندگان مهاجر و مکانی غنی برای بررسی‌های تحقیقاتی و علمی از سوی دیگر از مهم‌ترین موضوعات موردتوجه در یک تالاب است. توسعه طرح‌های منابع آب و تنظیم جریان رودخانه‌ها اغلب به‌عنوان جدی‌ترین تهدید برای پایداری اکولوژیکی رودخانه و تالاب‌ها شناخته شده است.

**مواد و روش‌ها:** با توجه به اهمیت تالاب شادگان از جهات مختلف، در این پژوهش با استفاده از شاخص هدایت الکتریکی، روند تغییرات شوری آب در سطح این تالاب را در پنج دهه اخیر پهنه‌بندی و تحلیل شد و در نهایت رابطه میان مساحت و شوری آب در سطح این تالاب مهم به دست آمد. همچنین با استفاده از داده‌های هدایت الکتریکی ۲۳ ایستگاه موجود در سطح تالاب و با کمک تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور و روش درون‌یابی IDW به بررسی تغییرات این شاخص در مدت ذکر شده پرداخته شد که منجر به یک رابطه ریاضی شد.

**نتایج و بحث:** بر اساس نتایج تحقیق، فعالیت‌های انسانی بالادست، به‌ویژه سدسازی و طرح‌های توسعه کشاورزی، تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت تالاب داشته است. با تغییرات اقلیمی و خشکسالی، این اثرات تشدید شده و منجر به کاهش سطح تالاب و همچنین افزایش شوری آب تالاب شده است. این تغییرات را می‌توان هم از نظر ابعاد زمانی و هم از نظر مکانی مشاهده کرد. متعاقباً، نتایج بیانگر روند افزایش شوری از بخش‌های جنوبی به سمت شمال و همچنین نمود بیشتر افزایش شوری در قسمت‌های جنوبی در اثر کاهش جریان آب شیرین ورودی (تابش از دو برابر) نیز می‌باشد. بر اساس نتایج، سه سطح شوری در تالاب وجود دارد: شور، لب‌شور و فوق‌شوری و افزایش شوری در هر سه پهنه مشاهده می‌شود. نتایج و معادلات حاضر بعنوان یک دستاورد مورد استفاده مدیران آب و محیط زیست بوده و آنها می‌توانند با اندازه‌گیری وسعت تالاب با استفاده از فناوری‌های مختلف، EC آب در ایستگاه‌های کلیدی و شاخص و در نهایت در سطح تالاب را تخمین بزنند. و با برعکس با مشخص بودن EC، وسعت تالاب را برآورد کنند. بنابراین با گذشت زمان، سطوح و مناطق شور و فوق‌شوری گسترش یافته و سطح آب شور کاهش یافته است. انتظار می‌رود که این روند در طول زمان ادامه یابد و در نتیجه آب نمک دریا به سمت تالاب پیش برود و میزان شوری در آن افزایش یابد.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس این مطالعه، با توجه به رابطه بین شوری و سطح تالاب و همچنین مساحت آبی تالاب، می‌توان شوری آن را در سه پهنه تخمین زد. با اندازه‌گیری شوری آب در چندین ایستگاه کلیدی در هر یک از سه منطقه، می‌توان سطح آب تالاب را تخمین زد. در پایش، مدیریت و حفاظت کیفی تالاب و در نتیجه گونه‌های آن، این معادله و روابط آن می‌توانند نقش مهمی ایفا کند.

**واژه‌های کلیدی:** تصاویر ماهواره‌ای، تالاب شادگان، شوری، وسعت آب، روش‌های زمین‌آماری

## مقدمه

تالاب‌ها به واسطه‌ی برخورداری از کارکردهای مثبت محیط‌زیستی و ارائه خدمات مستقیم و غیرمستقیم به جوامع بشری و نیز به‌عنوان یک دارایی بسیار حائز اهمیت هستند. این امر باعث شده در جوامع مختلف توجه فزاینده‌ای برای احیا و نگهداری آن‌ها صورت گیرد. تعیین ارزش منابع و عناصر محیط‌زیستی به‌عنوان یک ابزار کلیدی این امکان را به برنامه ریزان می‌دهد تا کاربری‌های این منابع را با توجه به درجه اهمیت آن‌ها انتخاب نمایند. علاوه بر این، باید توجه داشت که پایه و اساس حسابداری محیط‌زیستی مبتنی بر داشتن ارزش عناصر محیط‌زیستی و اکولوژیکی است. بدین مفهوم که با داشتن ارزش منابع می‌توان هزینه‌ی آلودگی‌های محیط‌زیستی و تغییر کاربری آن را به‌صورت کمی محاسبه و آن‌ها را در کل بودجه موردنیاز جهت ایجاد کاربری جدید یا اجرای پروژه‌های توسعه‌ای لحاظ نمود. تالاب شادگان نیز یکی از تالاب‌های ثبت‌شده در کنوانسیون رامسر است. متأسفانه این تالاب به‌واسطه فعالیت‌های توسعه‌ای پیرامون آن، افزایش ورود آلاینده‌ها و کاهش جریان‌های شیرین ورودی، با تهدید جدی روبرو است. برداشتهای بی‌رویه از منابع آب تالاب و تخلیه زباله‌های شهری درون محدوده‌ی آن در کنار تکه‌تکه کردن تالاب به‌واسطه احداث جاده‌ها، ایجاد ایستگاه‌ها تقویت فشار برق، گاز و لوله‌گذاری نفت و نیز ایجاد صنایعی چون نوپاسازی، الکل سازی و کشت و صنعت نیشکر که پساب خود را درون تالاب تخلیه می‌کنند، همه و همه در نابودی این تالاب نقش داشته و دارند (Tavakoli et al., 2020). ارزش اقتصادی تالاب‌ها از یک‌سو و تنظیم آب و هوا، جلوگیری از سیل، حفاظت از تنوع گیاهی و جانوری، زیبایی و جاذبه‌های بصری ذاتی تالاب، جاذبه‌های توریستی و ایجاد فضایی برای زندگی پرندگان مهاجر و مکانی غنی برای بررسی‌های تحقیقاتی و علمی از سوی دیگر از مهم‌ترین موضوعات موردتوجه در یک تالاب است. توسعه طرح‌های منابع آب و تنظیم جریان رودخانه‌ها اغلب به‌عنوان جدی‌ترین تهدید برای پایداری اکولوژیکی رودخانه و تالاب‌ها شناخته شده است. توسعه جوامع بشری همواره تهدیدی برای کیفیت منابع آب به شمار می‌رود (Shang et al., 2015). با افزایش جمعیت شهرها و نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی و افزایش فعالیت‌های صنعتی حجم بالایی از آلاینده‌ها را به داخل رودخانه‌ها و در نهایت به دریاچه‌ها و تالاب‌ها وارد می‌کند که منجر به آلوده شدن این منابع می‌گردد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، آب تالاب‌ها می‌تواند از اهمیت دوچندانی نسبت به دیگر مناطق بهره‌مند باشد (Tavakoli et al., 2020). چرخه آب محلی و جهانی به شدت به تالاب‌ها وابسته‌اند، بدون تالاب‌ها، چرخه آب،

چرخه کربن و چرخه مواد مغذی به‌طور زیان‌باری تغییر خواهد کرد، با این حال سیاست و تصمیم‌گیری‌ها، این تعاملات و وابستگی‌ها به تالاب‌ها را به اندازه کافی در نظر نمی‌گیرند. تالاب بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های بزرگ ایران است که در مرداد ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر قرار گرفت. این تالاب با تنوع زیستی بسیار زیاد و کارکردهای متنوع مانند مهار سیلاب‌های بالادست و کاهش اثرات تخریبی آن، تعدیل هوا (کنترل رسوبات و ذرات معلق)، کنترل فرسایش خاک و کاربردهای معیشتی از اهمیت زیادی برخوردار است و از جنبه‌های گوناگون موردتوجه پژوهشگران بوده است (Dargahian et al., 2020). تاکنون پژوهش‌های زیادی از جنبه اکولوژی و زیستی تالاب انجام شده است. خلفه نیل ساز (Khalifa Nil Saz 2016) تالاب شادگان را در طی دوره‌ای یک‌ساله با هدف بررسی تغییرات اکولوژیکی و مقایسه وضعیت آن با گذشته مورد پایش اکولوژی قرارداد و نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تالاب شادگان جزء آب‌های لب‌شور تا شور و شامل آب‌های سخت طبقه‌بندی گردید. علاوه‌بر آن شوری، هدایت الکتریکی، سختی کل، جامدات محلول معلق و نیترات نسبت به گذشته افزایش داشته است (Mohammadi Roozbahani et al., 2013). کیفیت آب تالاب شادگان و تأثیر آن بر تنوع زیستی تالاب را با استفاده از شاخص هیلسنهوف موردبررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این بررسی نقش ورود فاضلاب‌ها را در افزایش بار آلودگی‌های آلی به تالاب و افزایش روند آلودگی تالاب را نشان می‌دهد که لزوم در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و مدیریت هماهنگ در کاهش آلودگی‌های آلی را طلب می‌کند (Baluchi and Malekmohammadi, 2012). مهرپویان و همکاران (Mehrpooyan et al., 2013) تحقیقی را با هدف شناسایی مهم‌ترین عوامل تنش‌زای تهدیدکننده تالاب شادگان برای ارائه راهکارهای کنترل و کاهش آن‌ها انجام شده است. بر طبق نتایج حاصل از این تحقیق، تغییرات فیزیکی مانند تغییر کاربری زیستگاه‌های طبیعی، تغییر در رژیم آب تأمین‌کننده تالاب مانند سدسازی، آلودگی آب ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌ها به درون تالاب و بهره‌برداری بی‌رویه از تولیدات بیولوژیکی تالاب و همچنین وقوع پدیده خشک‌سالی مهم‌ترین ریسک‌های تهدیدکننده تالاب شادگان به ترتیب اولویت هستند. با توجه به پیشرفت‌های موجود در زمینه سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان با اضافه کردن روش‌های جدید در کنار روش‌های سنتی از مصائبی چون هزینه بالا و سختی‌ها نمونه‌برداری به دلیل وسعت تالاب و مشکلات بازدیدهای زمینی و اتلاف وقت پیشگیری کرد و تالاب را از نظر کمی و کیفی با استفاده از سری زمانی طولانی تصاویر پایش نمود. از جمله

تالاب شادگان به عنوان یک اکوسیستم زنده نقش مهمی داشته است. (پور خباز و همکاران، ۱۳۹۴) در پژوهشی با هدف بررسی و مقایسه تغییرات تالاب بین المللی شادگان و پدیده های مختلف مرتبط با آن طی دو دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در ENVI، به کمک روش طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم شباهت، طی یک دوره ۲۴ ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۳) بررسی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مساحت تالاب طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ به دلیل پدیده خشک سالی و افزایش فعالیت های انسانی به میزان ۸٫۵ درصد کاهش یافته و از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ به دلیل ورود بار آلودگی ناشی از زهاب های کشاورزی و واحد های صنعتی و بروز پدیده تغذیه گرایی، افزایش ۶٫۵ درصدی در مساحت پوشش گیاهی بخش آبدار تالاب رخ داده است (پور خباز و همکاران، ۱۳۹۴). در پژوهشی که توسط (طالبی و همکاران، ۱۳۹۸) انجام شد به بررسی تاثیرات احتمالی کاربری اراضی بر کیفیت آب شادگان با استفاده از تصاویر ماهواره ایی لندست و در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ انجام شده است. پوشش گیاهی در تالاب به سرعت رو به افزایش بوده که نشان از آلودگی آب، افزایش پدیده تغذیه گرایی و از بین رفتن زود هنگام این تالاب بین المللی دارد. توسعه زمین های کشاورزی در اطراف تالاب شادگان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، باعث افزایش روزافزون آلودگی در منطقه شده است. وسعت زمین های کشاورزی باعث افزایش پدیده یوتروفیکاسیون در تالاب و در نهایت باعث افت کیفیت شاخص های آب می شود. درگاهیان و همکاران در سال ۱۳۹۹ با استفاده از داده های ماهواره ای لندست به بررسی روند تغییرات مساحت آب تالاب شادگان و ارتباط آن با خشکسالی هیدرولوژی و زه آب کشت و صنعت نیشکر خوزستان پرداخته اند. و اثر خشکسالی های متناوب را موثر در کاهش سطح تالاب و اثر ر.د. زهاب های کشاورزی را علی رغم اثرات سوء زیست محیطی در جهت افزایش سطح آبی آن دانسته اند.

رافعی و همکاران در سال ۱۴۰۱ با استفاده از روش های یکپارچه سنجش از دور و GIS اقدام به بررسی تغییرات کاربری / پوشش اراضی تالاب بین المللی شادگان در دوره اخیر پرداخته اند. براساس نتایج این تحقیق سطح تالاب و به تبع آن پوشش گیاهی تالاب در طول زمان کاهش یافته و این روند کاهش با کاهش منابع آب شیرین ورودی به تالاب افطایش یافته است. نکته کلیدی این تحقیق نسبت کاهش بیشتر سطح گیاهی تالاب در مقایسه با کاهش سطح آبی آن می باشد. مبینی و همکاران در سال ۱۳۹۴ اقدام به ارزیابی و پایش تغییرات تالاب شادگان با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست نموده اند که نتیجه این مطالعه نشان می دهد که بطور کلی سطح تالاب از سال ۱۹۷۳ میلادی روندی کاهش دارد و اراضی نمکی منطقه نیز نسبت به سال ۱۹۷۳ افزایش یافته که عمدتاً

مواردی که از سنجش از دور در ایران در طرح های پیشی استفاده شده است می توان به موارد زیر اشاره کرد: بررسی تغییرات فصلی و ماهانه تالاب جازموریان با استفاده از تصاویر لندست برای دوره زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۲ نشان داد که اغلب دوره های آب پرآبی جازموریان ماه های فوریه تا می و دوره های خشک در ماه آگوست و سپتامبر دیده می شود و در یک دوره چهل ساله سال ۱۹۷۶ پرآب ترین سال بوده که حتی در ماه های گرم و خشک جازموریان آبدار بوده است. بررسی تغییرات مساحت تالاب شادگان طی تحقیقات ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ نشان داد که به علت خشک سالی مساحت پوشش گیاهی آن کم شده است اما در سال ۲۰۱۳ به دلیل ورود زهاب کشاورزی و صنعتی پوشش گیاهی آن افزایش یافته است (PoorKhabaz et al., 2015). با استفاده از داده های ماهواره MODIS مربوط به سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ شاخص NDWI مساحت پهنه مرطوب و غیر مرطوب تالاب شادگان مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۴ کمترین مساحت و ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ بیشترین مساحت مرطوب را داشته است (Bayat et al., 2016). در تحقیق دیگری نشان داده شد که تغییرات ۲۵ و ۱۰ درصدی آب و پوشش گیاهی تالاب پریشان در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ به دلیل ریزش های جوی مناسب بوده است (چوک و محسنی، ۱۳۹۵). بررسی تغییرات تالاب بزرگ هویزه در بازه زمانی ۲۰۱۶، ۲۰۱۴، ۲۰۱۳، ۱۹۹۱ نشان داد که در سال ۲۰۱۶ پوشش گیاهی و آب تالاب نسبت به سال ۲۰۱۳ افزایش داشته است (Karami and Mirsanjari, 2018). ارزیابی روند تغییرات تالاب ساحلی میانکاله با رویکرد آمایش سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ کاهش شدید پهنه آبی را نشان داده است (Dashti et al., 2018). (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۹)، از داده های سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ خردادماه سنجنده های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست برای پایش سطح آب تالاب شادگان استفاده کردند. آنان با استفاده از طبقه بندی نظارت شده با روش ماشین بردار پشتیبان تصاویر در سه طبقه آب، پوشش گیاهی و بدون پوشش یا خاک طبقه بندی کردند. در این پژوهش تغییرات دبی ایستگاه هیدرومتری شادگان به عنوان آخرین ایستگاه ورودی رودخانه و جراحی به تالاب و سایر منابع آب ورودی به تالاب که دبی آن قابل اندازه گیری و اطلاعات آن موجود بود محاسبه و مقادیر آن ها با تغییرات مساحت آب تالاب مقایسه شد. نتیجه حاصل نشان داد که مساحت آب تالاب در دهه گذشته با دبی خروجی از آخرین ایستگاه هیدرومتری شادگان همخوانی نداشت اما با آب ورودی از زهاب نیشکر و دبی شادگان مرتبط بود. بنابراین، زهاب نیشکر صرف نظر از کیفیت آن با توجه به شدت و تداوم و بزرگی خشکسالی در دهه گذشته در احیاء

منابع آب باشد. لازم به ذکر است که در پژوهش‌های پیشین اشاره‌ای به افزایش هدایت الکتریکی آب تالاب و پیشروی آب شور در این زیستگاه حیاتی نشده است. با توجه به این مسئله در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور و روش درون‌یابی IDW سعی در به دست آوردن تغییرات تالاب در ۵ دهه اخیر شده است و با استفاده از داده‌های میدانی شوری رابطه‌ای بین شوری و تغییرات مساحت به دست آمده است؛ که با استفاده از این رابطه می‌توان با در دست داشتن میزان مساحت تالاب کمترین، بیشترین و میانگین شوری تالاب را تخمین زد.

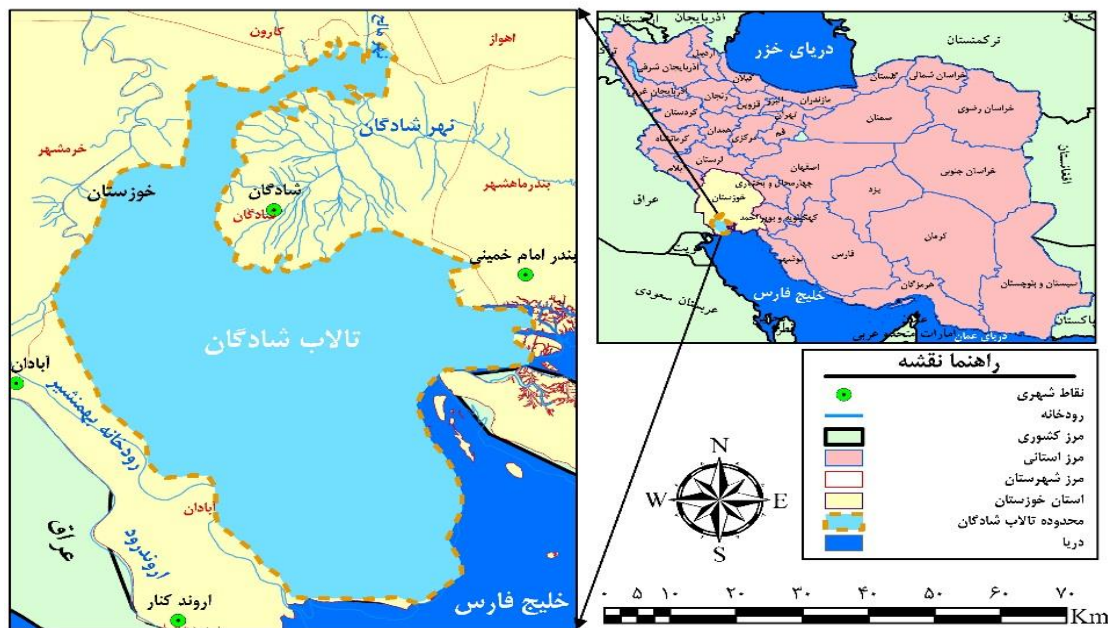
### مواد و روش‌ها

#### محدوده مورد مطالعه

تالاب شادگان واقع در استان خوزستان در جنوب غربی ایران و پایاب رودخانه جراحی و جنوب جلگه خوزستان در محدوده ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). رودخانه جراحی منبع اصلی تأمین‌کننده آب تالاب شادگان است. این تالاب از شمال به اهواز، از غرب به جاده آبادان - اهواز، از جنوب به رودخانه فارس و از شرق به خورموسی و خورغزلان منتهی می‌شود. از رودخانه‌های جراحی، مسیل مالخ، نهر بحره، بارندگی‌های زمستانه و مقدار آبی از طریق جزر و مد خلیج فارس وارد این تالاب می‌شود.

مربوط به پیشروی آب تالاب می‌باشد. نتایج تحقیقات فوق متمرکز بر تغییرات سطح تالاب و همپنین پوشش گیاهی آن بوده و نتایج مربوطه از منظر تغییرات سطح تالاب با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در این تحقیقات اشاره‌ای به تغییرات شوری آب و همچنین رابطه این دو شاخص نشده است. در صورتیکه در مقاله ارائه شده روند تغییرات شوری و رابطه آن با سطح پهنه آبی تالاب مد نظر می‌باشد. و در هیچ یک از پژوهش‌های مذکور اشاره‌ای به طبقه بندی و پهنه بندی آب تالاب از نظر شوری نشده است.

تالاب شادگان تالابی است با آب شیرین - شور و لب‌شور و سالانه حدود ۹۰۰ میلیون مترمکعب از منابع آبی جراحی وارد شادگان می‌شود. آب تالاب از طریق رودخانه کارون، جزر و مد دریا و از طریق خورهای ساحلی همچون خور دورق، خور قنقعه، خور ملح، خور کوبیرین، خور قویان و خور سلخ تأمین می‌شود. همان طور که در پژوهش‌های مذکور مشخص شد، با تغییرات کاربری اراضی و افزایش وسعت زمین‌های کشاورزی، با افزایش مصرف کودهای شیمیایی را به همراه داشته است که در نتیجه آن، پساب‌های کشاورزی همراه با مقادیر زیادی شوری وارد طبیعت می‌شوند. هدایت الکتریکی بیانگر میزان شوری آب است که بر رشد گیاهان و زندگی آبزیان و اکوسیستم دریاچه‌ها و تالاب‌ها اثر می‌گذارد. علاوه بر موارد ذکر شده، بررسی شوری آب تالاب شادگان نیز از دیگر مواردی است که برای ادامه حیات موجودات زنده تالاب ضروری است. تهیه نقشه‌ها به هنگام بررسی خصوصیات کیفی می‌تواند گامی مهم در بهره‌برداری از



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه

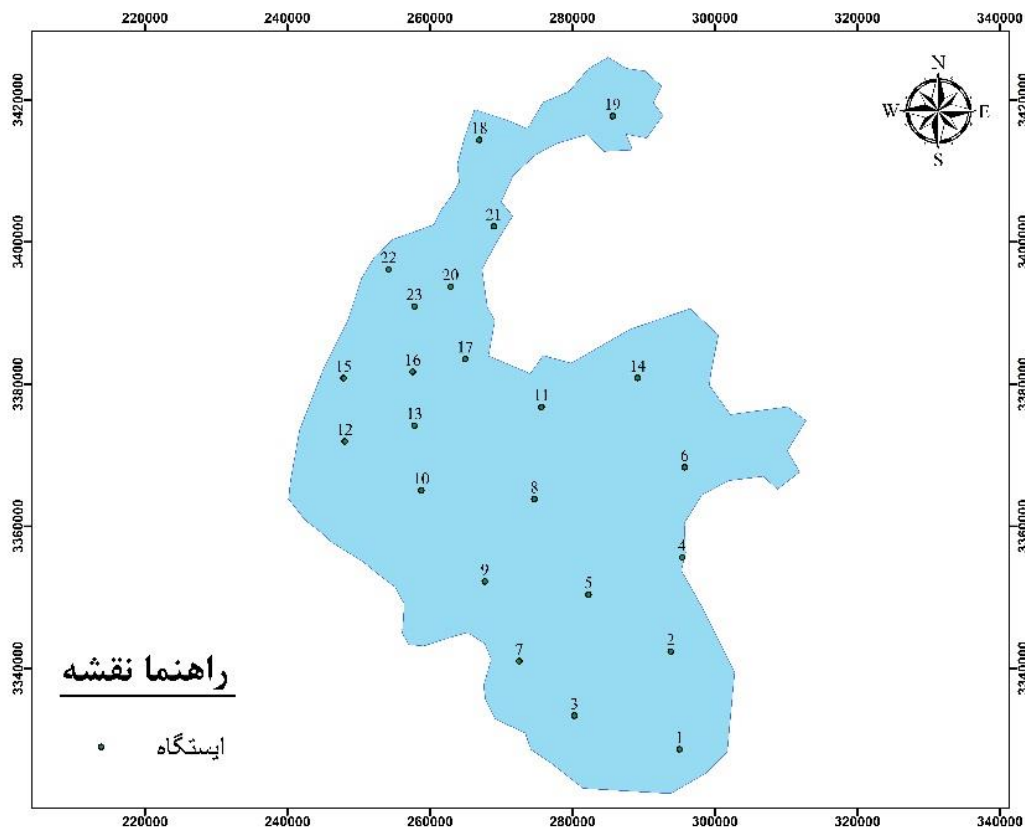
**فاکتور کیفی مورد بررسی**

فاکتور کیفی مورد ارزیابی EC آب تالاب می‌باشد که داده‌های مربوطه از منابع مختلف از جمله گزارشات مهندسین مشاور، سازمان سهامی آب و برق خوزستان، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی، سازمان حفاظت محیط‌زیست و مقالات و گزارشات مستند طی بازه زمانی ۱۳۶۰ تاکنون جمع‌آوری و بعد از صحت سنجی و کلاس‌بندی در بازه‌های زمانی ۵ ساله، به همراه یک نوبت نمونه‌برداری از ایستگاه‌های منتخب توسط محقق در سال ۱۴۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری

EC با دستگاه پرتابل مارک WTW در محل ایستگاه‌ها در

سطح تالاب صورت گرفته است.

با توجه به تفاوت موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در سوابق مورد بررسی، تعداد ۲۳ ایستگاه مشترک به شرح شکل ۲ و جدول ۱ از بین منابع مختلف انتخاب و نتایج آن‌ها برای تحلیل‌های مورد نظر استفاده شده است. در انتخاب ایستگاه‌ها، علاوه بر وجود داده مستند، پراکنش مناسب آن‌ها در سطح تالاب نیز ملاک عمل بوده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۱. مختصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	UTM X	UTM Y	ایستگاه	UTM X	UTM Y	ایستگاه	UTM X	UTM Y
۱	۲۹۵۰۳۱/۴۹۲۶	۳۳۲۸۵۸۵/۸۵۷	۹	۲۶۷۷۱۵/۸۵۴۷	۳۳۵۲۱۹۹/۹۶۷	۱۷	۲۶۴۹۵۹/۵۵۲۳	۳۳۸۳۴۹۶/۰۷۹
۲	۲۹۳۸۱۰/۴۳۸۱	۳۳۴۲۳۴/۲۱۸	۱۰	۲۵۸۸۰۲/۶۸۵۸	۳۳۶۵۰۰۷/۴۷۹	۱۸	۲۸۵۶۶۳/۲۳۹۵	۳۴۱۷۶۹۳/۵۴۳
۳	۲۸۰۲۸۴/۵۸۸۱	۳۳۳۳۳۱۵/۲۹۶	۱۱	۲۷۵۶۶۹/۰۰۷	۳۳۷۶۷۴۸/۳۸۸	۱۹	۲۶۲۹۰۹/۰۲۷۳	۳۳۹۳۶۸۲/۵۵۷
۴	۲۹۵۰۳۱/۰۱۴۳	۳۳۵۵۵۷۳/۴۱۱	۱۲	۲۴۸۵۳/۹۶۶۴	۳۳۷۱۹۱۹/۷۳۳	۲۰	۲۶۲۹۰۹/۰۲۷۳	۳۳۹۳۶۸۲/۵۵۷
۵	۲۸۲۲۶۷/۹۶۷۱	۳۳۵۰۳۴۷/۸۸	۱۳	۲۵۷۸۴۳/۵۶۹۳	۳۳۷۴۱۳۵/۶۲۳	۲۱	۲۶۸۹۹۴/۴۵۶۲	۳۴۰۲۱۸۲/۳۱۴
۶	۲۹۵۷۶۱/۷۴۴۱	۳۳۶۸۲۷۳/۴۳۶	۱۴	۲۸۹۱۶۳/۶۸۴	۳۳۸۰۸۴۹/۴۳۸	۲۲	۲۵۴۲۱۰/۸۳۲۹	۳۳۹۶۰۹۶/۸۸۵
۷	۲۷۲۵۴۴/۵۱۰۲	۳۳۴۰۹۸۸/۲۲۶	۱۵	۲۴۷۸۹۳/۸۹۳۱	۳۳۸۰۸۱۷/۱۶۷	۲۳	۲۵۷۸۴۸/۸۶۱	۳۳۹۰۹۰۴/۴۲۷
۸	۲۷۴۶۶۱/۱۸۱۱	۳۳۶۳۷۷۵/۵۱۱	۱۶	۲۵۷۵۸۴/۲۷۷۱	۳۳۸۱۷۱۰/۱۳۸			

### درون‌یابی

تاکنون در پهنه‌بندی مؤلفه‌های کیفی آب از روش‌های مختلف درون‌یابی استفاده شده است. به نظر می‌رسد روش مناسب درون‌یابی مؤلفه‌های کیفی آب وابسته به مکان باشد. تفاوت عمده این روش‌ها مربوط به نحوه محاسبه وزنی است که به نقاط مشاهده‌شده اطراف نقطه مجهول داده می‌شود.

### درون‌یابی به روش IDW

روش‌های مختلفی برای درون‌یابی معرفی شده‌اند که از جمله معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW) اشاره کرد. در این روش نیازی به تعیین الگوی تغییرات مکانی یعنی تغییر نما نیست. معکوس فاصله یک روش وزن دهی متوسط است که در آن داده‌ها از طریق رابطه انحراف معیار یک نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره‌های شبکه‌بندی شده، وزن دهی می‌شوند. در این روش وزن‌ها تنها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم نسبت به نقطه مجهول و بدون توجه به نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه مورد تخمین، تعیین می‌شوند. به نقاط نزدیک‌تر وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری داده می‌شود. این روش به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$V_i = \frac{D^{-\pi}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\pi}} \quad (1)$$

که در این رابطه  $D_i$  فاصله  $i$  امین نقطه مشاهده‌شده تا نقطه مورد تخمین؛  $\pi$  توان وزن دهی فاصله و  $n$  تعداد نقاط مجاور است. در این پژوهش با استفاده از روش درون‌یابی IDW به بررسی شوری تالاب پرداخته شده است و سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات مساحت تالاب پرداخته شد و در ادامه با استفاده از داده‌های شوری به مقایسه رابطه بین پارامتر مساحت آبدار و اندازه‌گیری‌های شوری پرداخته شد. پس از بررسی تصاویر ماهواره‌ای برای به دست آوردن مساحت سطوح آبدار تالاب طی سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۰ به بررسی رابطه بین شوری میان نقاط مختلف تالاب پرداخته شد. برای این کار ابتدا با توجه به نتایج شوری در سطح تالاب، ایستگاه‌ها مطابق جدول ۳ به سه گروه ابر شور، شور و لب‌شور تقسیم‌بندی گردیدند.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی مساحت‌های سطوح خیس شده و نقشه پهنه‌بندی شوری آب تالاب در طی سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۴۰۰ در جدول (۲) و شکل (۳) و (۴) ارائه شده است.

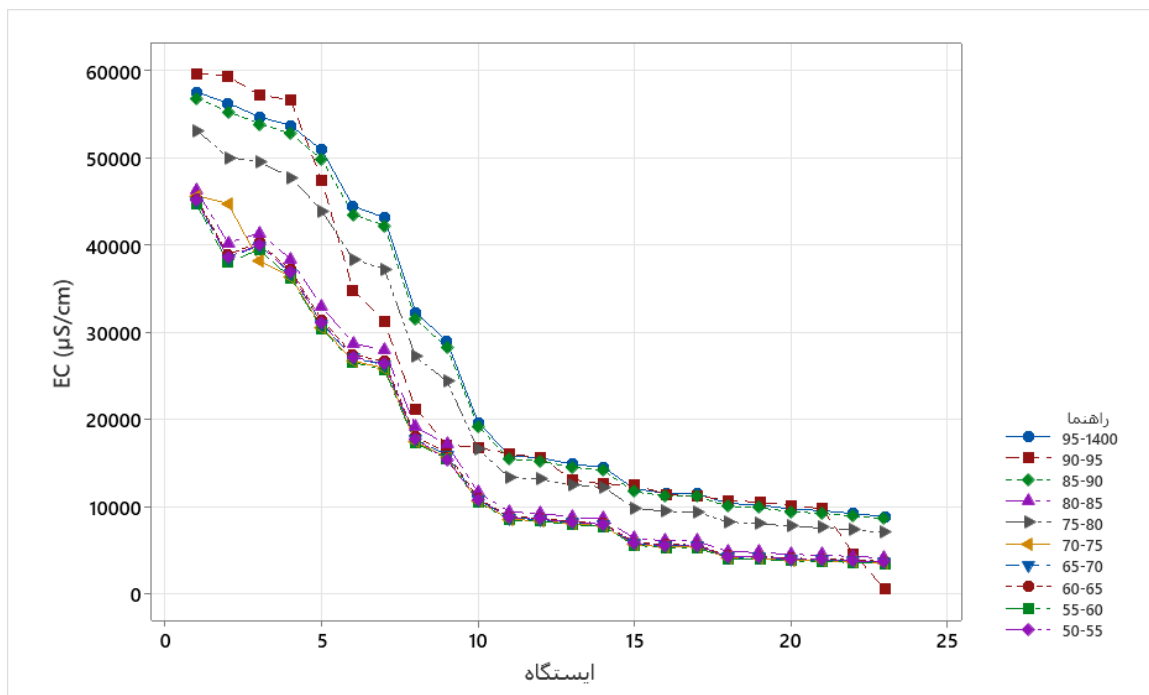
این پژوهش در دو بخش انجام شده است. در بخش اول با استفاده از داده‌های برداشت‌شده EC از ۲۳ ایستگاه در سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ به بررسی تغییرات هدایت الکتریکی آب در بازه‌های زمانی ۵ ساله، مطابق جدول ۲ پرداخته شده است. تغییرات EC این ایستگاه‌ها در سطح سه پهنه طبقه‌بندی‌شده در شکل (۱) که با استفاده از مینی تب رسم شده، قابل‌ملاحظه است. سپس با استفاده از روش‌های درون‌یابی نقاط وارد ARC-GIS شده و با استفاده روش IDW نقشه‌های لازم تهیه و تحلیل شده‌اند. در این پژوهش از سامانه Google Earth Engine برای دانلود تصاویر ماهواره‌ای محدوده موردنظر و از نرم‌افزار ARC-GIS برای انجام فرآیند درون‌یابی IDW و تهیه نقشه‌های تغییرات شوری تالاب استفاده شده است. از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست، لندست ۴ و ۵ و ۷ برای به دست آوردن تغییرات مساحت تالاب طی سال‌های مدنظر استفاده شده است؛ با استفاده از معادلات باندی به بررسی تغییرات با استفاده از باند مادون قرمز پرداخته شد. پارامتر کیفی موردنظر در این پژوهش EC تالاب شادگان می‌باشد که اطلاعات آن برای بازه زمانی ۴۰ ساله در اختیار است.

### بررسی مساحت

در بخش دوم این پژوهش به بررسی سطح تالاب شادگان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های مختلف پرداخته شده است که بخش سنجش از دور آن با استفاده از بخش Code Editor سامانه Google earth engine انجام و مساحت تالاب به دست آمده است. برای به دست آوردن این مقادیر از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست استفاده شده است. برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای از ARC-GIS بکار گرفته شده است. با توجه به اینکه بخشی از تالاب در معرض خشک شدن می‌باشد و به دلیل غیریکنواخت بودن شکل و هندسه تالاب در تمام مناطق آن، تالاب را بر اساس عمق آب به پهنه‌های مختلفی تقسیم کرده و سپس با تعیین عمق‌های مختلف تالاب، پراکندگی هر عمق بهتر شناخته شود. مناطق تالاب به سه منطقه با شیب‌های ۰،۵ و ۱،۵ و ۳ تقسیم‌بندی شده است. در انتخاب این نواحی در باند مادون قرمز که مشخصاً برای تمایز آب از دیگر عوارض زمینی است، مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت صحت طبقه‌بندی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ادامه با استفاده از داده‌های EC، سطح تالاب از نظر شوری به پهنه لب‌شور، شور، ابر شور تقسیم‌بندی شده‌اند (Dastranj et al., 2017).

جدول ۲. میزان هدایت الکتریکی ایستگاه‌ها مختلف در سطح تالاب شادگان ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) در سال‌های مختلف

ایستگاه	مختصات جغرافیایی		سال									
	UTM X	UTM Y	۱۴۰۰-۹۶	۹۵-۹۱	۹۰-۸۶	۸۵-۸۱	۸۰-۷۶	۷۵-۷۱	۷۰-۶۶	۶۵-۶۱	۶۰-۵۶	۵۵-۵۰
۱	۳۳۲۸۵۸۵/۸۵۷	۲۹۵۰۳۱/۴۹۲۶	۵۷۵۰۲	۵۹۶۵۰	۵۶۸۳۱	۴۶۲۲۵	۵۳۱۳۹	۴۴۷۴۹	۴۵۰۱۷	۴۵۲۸۶	۴۴۶۳۵	۴۵۰۸۴
۲	۳۳۴۲۳۴/۲۱۸	۲۹۳۸۱۰/۴۳۸۱	۵۴۶۶۵	۵۷۲۰۰	۵۳۸۷۳	۴۱۳۵۵	۴۹۵۱۵	۹۳۶۱۲	۳۹۹۲۹	۴۰۲۴۶	۳۹۴۷۸	۴۰۰۰۸
۳	۳۳۳۳۳۱۵/۲۹۴	۲۸۰۲۸۳/۵۸۸۱	۵۶۲۴۹	۵۹۳۰۰	۵۵۲۹۶	۴۰۲۳۲	۵۰۰۵۲	۳۸۱۳۵	۳۸۵۱۶	۳۸۸۹۸	۳۷۹۷۳	۳۸۶۱۲
۴	۳۳۵۵۵۷۳/۴۱۱	۲۹۵۰۳۱/۰۱۴۳	۵۳۶۸۸	۵۶۶۰۰	۵۲۷۷۸	۳۸۴۰۱	۴۷۷۷۳	۳۶۳۹۹	۳۶۷۶۳	۳۷۱۲۷	۳۶۲۴۴	۳۶۸۵۴
۵	۳۳۵۰۳۴۷/۸۸	۲۸۲۲۶۷/۹۶۷۱	۵۰۸۷۸	۵۴۳	۴۹۸۰۸	۳۲۹۱۰	۴۳۹۲۶	۳۰۵۵۷	۳۰۹۸۵	۳۱۴۱۳	۳۰۳۷۵	۳۱۰۹۲
۶	۳۳۶۸۲۷۳/۴۳۶	۲۹۵۷۶۱/۷۴۴۱	۴۴۴۴۱	۴۷۴۴۰	۴۳۵۰۶	۲۸۷۴۶	۳۸۳۶۸	۲۶۶۹۱	۲۷۰۶۵	۲۷۴۳۸	۲۶۵۳۲	۲۷۱۵۸
۷	۳۳۴۰۹۸۸/۲۲۶	۲۷۲۵۴۴/۵۱۰۲	۴۳۱۲۹	۴۶۳۰	۴۲۲۲۲	۲۷۸۹۸	۳۷۲۳۶	۲۵۹۰۳	۲۶۲۶۶	۲۶۶۲۸	۲۵۷۴۹	۲۶۳۵۷
۸	۳۳۶۳۷۷۵/۵۱۱	۲۷۴۶۶۱/۱۸۱۱	۳۳۲۸۹	۳۴۷۹۵	۳۱۵۰۵	۱۹۱۲۹	۲۷۱۹۷	۱۷۴۰۶	۱۷۷۲۰	۱۸۰۳۳	۱۷۲۷۳	۱۷۷۹۸
۹	۳۳۵۲۱۹۹/۹۶۷	۲۶۷۷۱۵/۸۵۴۷	۲۸۹۵۹	۳۱۲۰۰	۲۸۲۵۰	۱۷۱۵۳	۲۴۳۸۷	۱۵۶۰۸	۱۵۸۸۹	۱۶۱۷۰	۱۵۴۸۸	۱۵۳۵۹
۱۰	۳۳۶۵۰۰۷/۴۷۹	۲۵۸۸۰۲/۶۸۵۸	۱۹۶۷۳	۲۱۲۰۰	۱۹۱۹۶	۱۱۶۵۵	۱۶۵۷۱	۱۰۶۰۵	۱۰۷۹۶	۱۰۹۸۷	۱۰۵۲۴	۱۰۸۴۴
۱۱	۳۳۷۶۷۴۸/۳۸۸	۲۷۵۶۶۹/۹۰۷	۱۵۸۶۸	۱۷۱۰۰	۱۵۴۸۳	۹۴۰۱	۱۳۳۶۶	۸۵۵۴	۸۷۰۸	۸۸۶۲	۸۴۸۹	۸۷۴۷
۱۲	۳۳۷۱۹۱۹/۷۳۳	۲۴۸۵۳/۹۶۶۴	۱۵۵۹۰	۱۶۸۰۰	۱۵۲۱۲	۹۲۳۶	۱۳۱۳۲	۸۴۰۴	۸۵۵۵	۸۷۰۷	۸۳۴۰	۸۵۹۳
۱۳	۳۳۷۴۱۳۵/۶۲۳	۲۵۷۸۴۳/۵۶۹۳	۱۴۸۹۴	۱۶۰۵۰	۱۴۵۳۳	۸۸۲۴	۱۲۵۴۴	۸۰۲۹	۸۱۷۴	۸۳۱۸	۷۹۶۸	۸۲۱۰
۱۴	۳۳۸۰۸۴۹/۴۳۸	۲۸۹۱۶۳/۶۸۴	۱۴۵۲۳	۱۵۶۵۰	۱۴۱۷۰	۸۶۰۴	۱۲۲۳۳	۷۸۲۹	۷۹۷۰	۸۱۱۱	۷۷۶۹	۸۰۰۵
۱۵	۳۳۸۰۸۱۷/۱۶۷	۲۴۷۸۹۳/۸۹۳۱	۱۲۰۴۴	۱۳۱۲۵	۱۱۷۰۷	۶۳۷۱	۹۸۴۹	۵۶۲۸	۵۷۶۳	۵۸۹۸	۵۵۷۱	۵۷۹۷
۱۶	۳۳۸۱۷۱۰/۱۳۸	۲۵۷۵۸۴/۲۷۷۱	۱۱۵۷۲	۱۲۶۱۰	۱۱۲۴۷	۶۱۲۱	۹۴۶۳	۵۴۰۷	۵۵۳۷	۵۶۶۷	۵۳۵۲	۵۵۷۰
۱۷	۳۳۸۳۴۹۶/۰۷۹	۲۶۴۹۵۹/۵۵۲۳	۱۱۴۹۸	۱۲۵۳۰	۱۱۱۷۲	۶۰۸۲	۹۴۰۳	۵۳۷۳	۵۵۰۲	۵۶۳۱	۵۳۱۸	۵۵۳۴
۱۸	۳۴۱۷۶۹۳/۵۴۳	۲۸۵۶۶۳/۲۳۹۵	۱۰۳۷۶	۱۱۴۴۰	۱۰۰۴۷	۴۸۴۲	۸۲۳۵	۴۱۱۷	۴۲۴۹	۴۳۸۱	۴۰۶۱	۴۲۸۲
۱۹	۳۳۹۳۶۸۲/۵۵۷	۲۶۲۹۰۹/۰۲۷۳	۱۰۲۱۳	۱۱۲۵۰	۹۸۸۸	۴۷۶۶	۸۱۰۵	۴۰۵۳	۴۱۸۲	۴۳۱۲	۳۹۹۷	۴۲۱۵
۲۰	۳۳۹۳۶۸۲/۵۵۷	۲۶۲۹۰۹/۰۲۷۳	۹۷۳۱	۱۰۷۲۰	۹۴۲۲	۴۵۴۱	۷۷۲۳	۳۸۶۲	۳۹۸۵	۴۱۰۹	۳۸۰۹	۴۰۱۶
۲۱	۳۴۰۲۱۸۲/۳۱۴	۲۶۸۹۹۴/۴۵۶۲	۹۵۵۹	۱۰۵۳۰	۹۲۵۵	۴۴۶۱	۷۵۸۶	۳۷۹۳	۳۹۱۵	۴۰۳۶	۳۷۴۲	۳۹۴۵
۲۲	۳۳۹۶۰۹۶/۸۸۵	۲۵۴۲۱۰/۸۳۲۹	۹۲۳۲	۱۰۱۷۰	۸۹۳۹	۴۳۰۸	۷۳۲۷	۳۶۶۴	۳۷۸۱	۳۸۹۸	۳۶۱۴	۳۸۱۰
۲۳	۳۳۹۰۹۰۴/۴۲۷	۲۵۷۸۴۸/۸۶۱	۸۸۷۸	۹۷۸۰	۸۵۹۶	۴۱۴۳	۷۰۴۶	۳۵۲۳	۳۶۳۶	۳۷۴۹	۳۴۷۵	۳۶۶۴



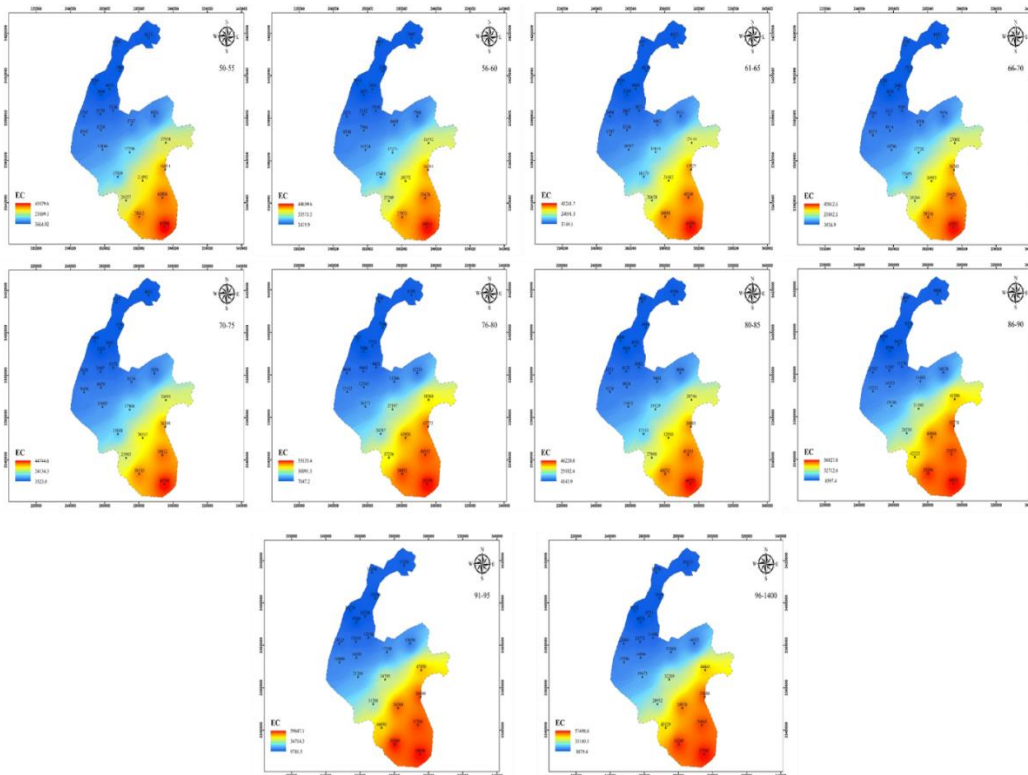
شکل ۲. سری زمانی فاکتور شوری آب (EC) در ایستگاه‌های مختلف در سطح تالاب شادگان



سمت شمال آن است که افزایش چشمگیر شوری ایستگاه‌های ۴، ۵ و ۹ گواه این امر می‌باشند. این مهم در شکل ۴ به‌وضوح قابل‌رویت است.

نتایج بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت گرفته، مطابق معادلات جدول (۳)، نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار شاخص کیفی شوری و مساحت تالاب است؛ که بر این اساس می‌توان با استفاده از سطح آبدار تالاب، میزان شوری آب تالاب را و یا برعکس با استفاده از شوری آب تالاب سطح آبدار تالاب را، در شرایط مختلف تخمین زد. برای به دست آوردن رابطه میان شوری و مساحت تالاب، میزان شوری با بیشترین، کمترین و میانگین سطح تالاب بررسی شد و روابط حاصل به شرح جدول (۳) ارائه گردید. لازم به ذکر است با توجه به پایش صورت گرفته، در تالاب شادگان لایه بندی شوری در آب وجود ندارد. بعبارت دیگر پروفیل شوری از سطح تا عمق محسوس و معنی‌دار نیست. علت آن ناشی از عمق کم آب در تالاب و همچنین پوشش گیاهی نسبتاً متراکم آن می‌باشد که مانع از تماس مستقیم نور خورشید با آب تالاب می‌شود. لذا در این تحقیق در کنار داده‌های تاریخی موجود در یک نوبت در سال ۱۴۰۰ ضمن اندازه‌گیری عمق آب تالاب در هر یک از ایستگاهها، عمل نمونه برداری و آنالیز آب از عمق متوسط صورت گرفته و نتایج و تحلیل‌های انجام شده بر این پایه می‌باشد.

نتایج بخش اول این پژوهش مطابق (شکل ۳) و جدول (۲)، بیانگر افزایش EC آب تالاب شادگان از پهنه‌های جنوب به سمت شمال می‌باشد. با توجه به شکل (۳) و جداول (۲) ایستگاه‌های پایین‌دست (در قسمت جنوب تالاب) دارای شوری بیشتری نسبت به ایستگاه‌های بالادست این تالاب می‌باشد. علت این وضعیت، تغذیه تالاب از منابع آب شیرین سطحی، مخصوصاً رودخانه جراحی و همچنین ارتباط و اتصال تالاب در جنوب با آب شور خلیج فارس می‌باشد. همچنین بررسی روند زمانی شوری آب تالاب نشان می‌دهد که در گذر سال‌ها، میزان EC ایستگاه‌ها در سطح تالاب از روندی صعودی برخوردار است. تغییرات شوری پرشی در بازه‌ی زمانی سال‌های ۸۶ تا ۹۰ و سال‌های قبل داشته که می‌توان دلیل اصلی آن را بهره‌برداری از سدهای بالادست و کاهش جریان شیرین ورودی و همچنین ورود زهاب‌های کشاورزی و وقوع خشک‌سالی در محدوده این تالاب دانست. نتایج ذکرشده در این بخش با مقایسه جدول ۲ و شکل ۳ با نتایج حاصل از تحقیقات درگاهیان و همکاران (Dargahian et al., 2020) که بیانگر روند افزایش شوری از بخش‌های جنوبی به سمت شمال و همچنین نمود بیشتر افزایش شوری در قسمت‌های جنوبی در اثر کاهش جریان آب شیرین ورودی بود، همخوانی دارد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده با استفاده از روش‌های درون‌یابی در محیط نرم‌افزار ARC-GIS نقشه‌ها نشانگر پیشروی آب‌شور از جنوب تالاب به



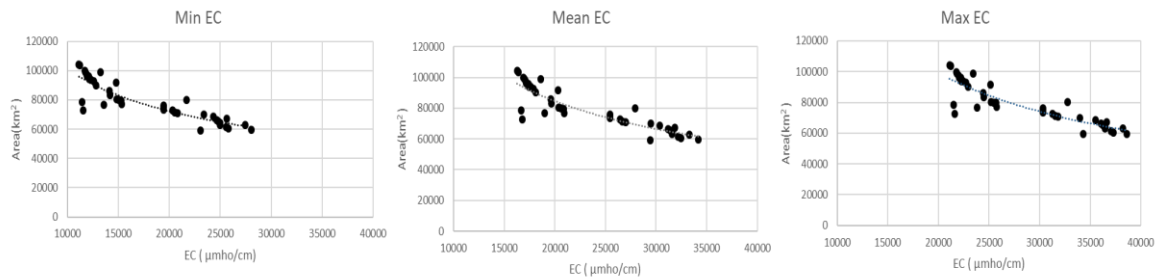
شکل ۲. نقشه تغییرات شوری آب (EC) از سال ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰

جدول ۳. تغییرات شوری آب (EC) برحسب ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) و مساحت طی سال‌های مختلف

سال	ابر شور ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )		شور ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )		لب شور ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )		مساحت (کیلومتر مربع)
	حداقل	میانگین	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	
۱۳۶۰	۲۷۲۶۳	۳۷۲۱۸	۴۵۷۵۵	۱۱۳۲۱	۱۴۴۷۱	۱۸۵۸۱	۸۳۳۰۰
۱۳۶۱	۲۴۹۹۶	۳۵۰۰۸	۴۴۰۷۷	۱۰۱۲۸	۱۲۹۴۶	۱۶۶۲۱	۹۰۱۰۰
۱۳۶۲	۲۳۵۴۶	۳۳۵۹۴	۴۳۰۰۳	۹۳۶۴	۱۱۹۷۰	۱۵۳۶۹	۹۷۶۰۰
۱۳۶۳	۱۹۱۶۷	۳۹۰۷۴	۴۷۱۶۵	۱۲۳۲۳	۱۵۷۵۲	۲۰۲۲۶	۷۶۹۰۰
۱۳۶۴	۲۸۲۶۰	۳۸۱۹۰	۴۶۴۹۳	۱۱۸۴۶	۱۵۱۴۲	۱۹۴۴۲	۹۱۶۰۰
۱۳۶۵	۲۳۶۳۶	۳۲۶۸۲	۴۳۰۷۰	۹۴۱۲	۱۲۰۳۱	۱۵۴۴۸	۹۶۱۰۰
۱۳۶۶	۲۲۲۷۶	۳۲۳۵۷	۴۲۰۶۳	۸۶۹۶	۱۱۱۱۶	۱۴۲۷۳	۱۰۴۳۰
۱۳۶۷	۲۳۹۹۹	۳۴۰۳۶	۴۳۳۳۹	۹۶۰۳	۱۲۲۷۵	۱۵۷۶۱	۹۴۰۰۰
۱۳۶۸	۴۳۱۳۹	۵۱۵۳۳	۵۷۱۷۷	۲۰۲۰۳	۲۵۸۲۵	۳۳۱۶۰	۶۸۵۰۰
۱۳۶۹	۲۸۷۱۳	۳۸۶۳۲	۴۶۸۲۹	۱۲۰۸۴	۱۵۴۴۷	۱۹۸۳۴	۸۰۰۰۰
۱۳۷۰	۲۴۶۵۹	۳۴۶۸۰	۴۳۸۲۷	۹۹۵۰	۱۲۷۱۹	۱۶۳۳۱	۹۲۷۰۰
۱۳۷۱	۲۶۲۶۵	۳۶۲۴۶	۴۵۰۱۷	۱۰۷۹۶	۱۳۸۰۰	۱۷۷۱۹	۷۶۸۰۰
۱۳۷۲	۲۳۳۶۴	۳۳۴۱۷	۴۲۸۶۹	۹۲۶۹	۱۱۸۴۸	۱۵۲۱۳	۹۸۷۰۰
۱۳۷۳	۲۲۴۵۸	۳۲۵۳۳	۴۲۱۹۸	۸۷۹۱	۱۱۲۳۸	۱۴۴۲۹	۱۰۳۵۰۰
۱۳۷۴	۳۵۸۱۵	۴۵۶۱۴	۵۲۱۳۲	۱۵۸۵۴	۲۰۲۶۶	۲۶۰۲۲	۷۶۰۰۰
۱۳۷۵	۲۲۸۴۱	۳۲۹۰۷	۴۲۴۸۱	۸۹۹۳	۱۱۴۹۶	۱۴۷۶۱	۷۸۵۰۰
۱۳۷۶	۲۳۲۳۹	۳۳۲۹۶	۴۲۷۷۶	۹۲۰۳	۱۱۷۶۵	۱۵۱۰۵	۹۹۸۰۰
۱۳۷۷	۲۹۰۷۶	۳۸۹۸۵	۴۷۰۹۷	۱۲۲۷۵	۱۵۶۹۱	۲۰۱۴۷	۷۹۷۰۰
۱۳۷۸	۲۳۰۰۲	۳۳۰۶۴	۴۲۶۰۰	۹۰۷۸	۱۱۶۰۴	۱۴۸۹۹	۷۲۶۰۰
۱۳۷۹	۲۳۹۰۸	۳۲۹۴۸	۴۳۲۷۱	۹۵۵۵	۱۲۲۱۴	۱۵۶۸۲	۹۵۹۵۰
۱۳۸۰	۴۲۰۱۳	۵۰۷۴۷	۵۴۶۳۰	۱۹۳۲۸	۲۴۷۰۶	۳۱۷۲۳	۶۹۸۰۰
۱۳۸۱	۴۷۹۲۵	۵۴۶۷۹	۵۸۵۴۷	۲۲۹۶۱	۲۹۳۵۰	۳۷۶۸۵	۶۲۹۰۰
۱۳۸۲	۳۷۶۸۹	۴۷۳۸۲	۵۳۴۷۴	۱۶۸۰۹	۲۱۴۸۶	۲۷۵۸۸	۷۱۳۰۰
۱۳۸۳	۲۸۳۵۱	۳۸۲۷۸	۴۶۵۶۱	۱۱۸۹۳	۱۵۲۰۳	۱۹۵۲۱	۸۰۳۰۰
۱۳۸۴	۲۵۷۲۱	۳۵۷۱۵	۴۴۶۱۴	۱۰۵۰۹	۱۴۴۳۴	۱۷۲۴۹	۹۸۹۰۰
۱۳۸۵	۳۵۸۱۵	۴۵۶۱۴	۵۲۱۳۲	۱۵۸۵۴	۲۰۲۶۶	۲۶۰۲۲	۷۵۴۰۰
۱۳۸۶	۲۴۲۷۱	۳۴۳۰۱	۴۳۵۴۰	۹۷۴۶	۱۲۴۵۸	۱۵۹۹۶	۹۳۸۰۰
۱۳۸۷	۲۷۱۷۲	۳۷۱۲۹	۴۵۶۸۸	۱۱۲۷۳	۱۴۴۱۰	۱۸۵۰۲	۸۵۹۰۰
۱۳۸۸	۳۵۸۱۵	۴۵۶۱۴	۵۲۱۳۲	۱۵۸۵۴	۲۰۲۶۶	۲۶۰۲۲	۷۳۴۰۰
۱۳۸۹	۳۹۵۰۲	۴۹۱۴۹	۵۴۸۱۷	۱۷۷۶۳	۲۲۷۰۶	۲۹۱۵۵	۸۰۱۰۰
۱۳۹۰	۴۴۳۹۸	۵۳۹۲۲	۵۸۴۴۱	۲۰۳۴۴	۲۶۰۰۰	۳۳۳۸۵	۶۶۳۰۰
۱۳۹۱	۴۹۳۳۵/۳۸	۵۶۷۰۳	۵۸۷۸۶	۲۳۳۴۳	۲۹۸۳۸	۳۸۳۱۲	۵۹۴۰۰
۱۳۹۲	۴۱۷۶۱/۹۲	۵۱۳۵۹	۵۶۴۹۵	۱۸۹۵۶	۲۴۲۳۱	۳۱۱۱۳	۵۹۳۰۰
۱۳۹۳	۳۷۲۹۹/۳۲	۴۷۰۰۲	۵۳۱۸۶	۱۶۶۰۴	۲۱۲۲۴	۲۷۲۵۲	۷۲۶۰۰
۱۳۹۴	۳۸۱۴۲/۴۷	۴۷۸۲۴	۵۳۸۱۰	۱۷۰۴۸	۲۱۷۹۱	۲۷۹۸۰	۷۰۹۰۰
۱۳۹۵	۴۴۹۴۲/۰۷	۵۴۴۵۲	۵۸۸۴۴	۲۰۶۲۷	۲۶۳۶۶	۳۳۸۵۵	۶۴۱۰۰
۱۳۹۶	۴۵۴۰۹	۵۳۸۴۶	۵۷۷۹۲	۲۱۲۶۷	۲۷۱۸۴	۳۴۹۰۵	۶۷۲۰۰
۱۳۹۷	۴۵۸۴۸	۵۵۳۳۶	۵۹۵۱۵	۲۱۱۰۴	۲۶۹۷۶	۳۴۶۳۸	۶۱۴۰۰
۱۳۹۸	۴۶۲۱۱	۵۵۶۹۰	۵۹۷۸۴	۲۱۲۹۵	۲۷۲۲۰	۳۴۹۵۱	۶۰۴۱۳
۱۳۹۹	۴۴۹۴۲	۵۴۴۵۲	۵۸۸۴۴	۲۰۶۲۷	۲۶۳۶۶	۳۳۸۵۵	۶۳۰۰۰
۱۴۰۰	۴۴۶۷۰	۵۴۱۸۷	۵۸۶۴۳	۲۰۴۸۴	۲۶۱۸۳	۳۳۶۲۰	۶۵۳۰۰

جدول ۴. ارتباط بین شوری آب (EC) و سطح خیس شده

رابطه ۱	$y = 9E+06x^{-0.485}$ $R^2 = 0.806$	نشانیگر رابطه سطح تالاب با حداقل میزان شوری در طول زمان است
رابطه ۲	$y = 3E+07x^{-0.595}$ $R^2 = 0.8077$	نشانیگر رابطه سطح تالاب با میانگین میزان شوری در واحد طول زمان است
رابطه ۳	$y = 1E+08x^{-0.721}$ $R^2 = 0.8078$	نشانیگر رابطه سطح تالاب با حداکثر میزان شوری در طول زمان است



شکل ۵. نمودار شوری آب (EC) و مساحت

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده طی این پژوهش، فرضیه رابطه سطح تالاب با شوری به اثبات رسید، همچنین معادلات شوری-سطح تالاب در پهنه‌های مختلف تالاب بصورت ویژه استخراج گردید. نتایج نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه در گذر زمان شوری تالاب افزایش و سطح آن کاهش می‌یابد ولی این افزایش در کل پهنه تالاب شادگان یکسان نبوده و کمیت آن مطابق با معادلات استخراج شده متفاوت و روند گسترش شوری به سمت شمال تالاب می‌باشد. که بیانگر روند افزایش شوری از بخش‌های جنوبی به سمت شمال و همچنین نمود بیشتر افزایش شوری در قسمت‌های جنوبی در اثر کاهش جریان آب شیرین ورودی (تأیید از دو برابر نیز می‌باشد. نتایج و معادلات حاضر بعنوان یک دستاورد مورد استفاده مدیران آب و محیط زیست بوده و آنها می‌توانند با اندازه‌گیری وسعت تالاب با استفاده از فناوری‌های مختلف، EC آب در ایستگاه‌های کلیدی و شاخص و در نهایت در سطح تالاب را تخمین بزنند. یا برعکس با مشخص بود EC، وسعت تالاب را برآورد کنند.

#### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که متأسفانه کمیت و کیفیت تالاب به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی بالادست، به‌ویژه طرح‌های سدسازی و توسعه کشاورزی قرار گرفته است. این اثرات تحت تأثیر تغییر اقلیم و خشک‌سالی تشدید شده و نتیجه آن کاهش سطح تالاب و روند رو به رشد شوری آب تالاب می‌باشد. این تغییرات در دو بعد زمانی و مکانی قابل‌مشاهده و رصد می‌باشد. بدین‌صورت که از گذشته تاکنون همواره شوری آب تالاب از روندی افزایشی برخوردار است. همچنین از بعد مکانی نیز از شمال به جنوب روند افزایش شوری مشاهده می‌شود. مطابق نتایج سطح تالاب از نظر شوری به سه پهنه لب‌شور، شور و ابر شور قابل‌تقسیم بوده و در هر سه پهنه روند افزایش شوری مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که به مرور زمان سطح این پهنه‌های سه‌گانه نیز تغییر یافته به‌طوری‌که سطوح و پهنه‌های شور و ابر شور رو به گسترش و سطوح لب‌شور رو به کاهش می‌باشد. پیش‌بینی می‌گردد با گذشت زمان این روند

در این روابط متغیر  $x$  بیانگر EC بر حسب میکرو موس بر سانتی‌متر و  $y$  برابر با مساحت بر حسب کیلومتر مربع است. بر طبق نتایج حاصل از جدول (۳) بین مساحت تالاب و میزان شوری (EC) ارتباط برقرار شد که این روابط در شکل (۵) ارائه شده است.

یکی از اهداف اصلی این پژوهش به دست آوردن رابطه سطح تالاب و میزان شوری در پهنه‌های لب‌شور، شور و ابر شور است که در جدول ۵ نتایج حاصل از آن به نمایش گذاشته شده است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده ایستگاه‌های سطح تالاب از نظر شوری در سه گروه لب‌شور، شور و ابر شور تقسیم‌بندی شده‌اند که نتایج در جدول ۵ به تفکیک ایستگاه‌ها قابل‌ملاحظه است. تقسیم‌بندی وضعیت شوری آب تالاب براساس معیار ارائه شده در دستورالعمل ضوابط زیست محیطی استفاده از آبهای برگشتی و پسابها، (نشریه ۵۳۵) می‌باشد که توسط مهندسین مشاور یکم برای وزارت نیرو تدوین گردیده است. داده‌های ارائه شده مستخرج از حجم وسیعی از داده‌های تاریخی است که بعد از بررسی، صحت سنجی و حذف داده‌های پرت حاصل شده است. تلاش گردیده تمام داده‌های موجود جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به هدف مقاله اینکه کدام متغیر، متغیر مستقل و کدام وابسته باشد تفاوتی وجود ندارد. چون ارتباط معنی‌داری بین آنها وجود داشته و بر اساس داده‌های موجود از هر کدام، میزان و تغییرات متغیر دیگر محاسبه خواهد شد.

جدول ۵. رده‌بندی ایستگاه‌های سطح تالاب شادگان بر اساس

میانگین میزان شوری آب (EC) (dS/cm)			
ایستگاه‌ها			
لب‌شور (کمتر از ۱۵)	شور (۱۵-۲۵)	ابر شور (بیش از ۲۵)	
۱۰	۷	۱	۱۷
۱۱	۸	۲	۱۸
۱۲	۹	۳	۱۹
۱۳		۵	۲۰
۱۴		۶	۲۱
۱۵			۲۲
۱۶			۲۳

پایداری این اکوسیستم آبی و زندگی جوامع محلی خواهد شد. همچنین با استفاده از نتایج این تحقیق و به استناد روابط حاصل بین شوری و سطح تالاب، با در دست داشتن مساحت آبی تالاب می‌توان میزان شوری آن را در شرایط و پهنه‌های سه‌گانه تالاب تخمین زد و همچنین برعکس با اندازه‌گیری شوری آب در چند ایستگاه شاخص در هر یک از پهنه‌های سه‌گانه، می‌توان سطح آبی تالاب را محاسبه نمود. این معادله و روابط حاصله می‌تواند به‌عنوان ابزاری در پایش، مدیریت و حفاظت کمی- کیفی تالاب و به‌تبع آن حفاظت از گونه‌های زیست‌مند آن نقش مؤثری را ایفا کند.

ادامه یافته و موجب پیشروی آب شور دریا به سمت تالاب و افزایش سطح شور و ابر شور در سطح تالاب گردد. با توجه به کارکردهایی مثبت و ارزش بالای این اکوسیستم آبی و نقش آن در اقتصاد و معیشت و حیات جوامع روستایی این نگرانی وجود دارد که در آینده‌ای نزدیک کارکردهای مثبت این تالاب از منظر اکوتوریسم، تنوع زیستی، زیستگاه پرندگان و اقتصاد و رفاه جوامع محلی دچار نقصان شدید شده و اثرات ناگوار و جبران‌ناپذیری را شاهد باشیم. از دید متخصصین گیاهی و جانوری کاهش سطح و تشدید شوری باعث تغییر در نوع، گونه و تنوع و تراکم جوامع گیاهی و آبزیان و در نهایت اثر منفی بر

### Reference:

- Bayat, R. & Jafari, S. (2016). Qarmishcheshmeh, B. Charkhabi, A. Study of the effect of fine dust on vegetation changes (Case study: Shadegan Wetland, Khuzestan). *Remote Sensing and GIS in Natural Resources (Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Science)*. 7 (2), 17-32. [In Persian]
- Behzadi Karimi, H. & Omidvar, K. (2017). Spatial analysis of chemical parameters affecting groundwater quality using factor analysis techniques and geostatistical models (Case study: Beiza-Zarghan plain). *Remote Sensing and GIS in Natural Resources (Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Science)*. 8 (4 (29 in a row)), 17-35.
- Chuck, J. & Mohseni, M. (2016). Investigating the trend of land use changes in Parishan Wetland using remote sensing. *Zist Sepehr Student Journal*. 11 (2), 11-19.
- Dargahian, F. and Khosroshahi, M. (2020). Lotfi Nasab Asl, S. . Investigation of changes in water area of Shadegan wetland and its relationship with hydrological drought and sugarcane drainage. *Environmental Science*. 46 (2), 225-240. [In Persian]
- Dashti, S. Sabzqabai, G. Jafarzadeh, K., Bazm Arabalshti, M. (2018). Evaluating the trend of changes in Miankaleh coastal wetland with land management approach. *Wetland Ecobiology*. 5-20. [In Persian]
- Dastranj, H., Tavakoli, F. & Sultanpour, A. (2017). Investigating the water level and volume variations of Lake Urmia using satellite images and satellite altimetry. *Journal of Geographical Data (SEPEHR)*. 27(107), 149-163. doi: 10.22131/sepehr.2018.33569. [In Persian]
- Hasanlu, M. Jamshidi, M. Sattari, M. (2018). Preparation of salinity map of Urmia Lake using support vector regression and Landsat-8 images. *Hydrogeomorphology*. 4 (14), 43-56. [In Persian]
- Hosseini, S. M. & Qahramani, B. (2013). Asgari, H. Estimation of electrical conductivity and sulfate in groundwater of Mashhad using kriging method, 6th International Conference on Civil Engineering, Isfahan.
- Hosseini, S., Nabavi, S., Rajabzadeh Qatarami, A. & Omidvar, V. (2010). Comparison of changes in the conservation values of Shadegan wetland by IMO, IUCN and (Salm and Price) method during the 60s to 80s. *Ecology of wetlands (wetlands)*. 1 (4), 21-37. [In Persian]
- Khalifa Nil Saz, m. (2016). Ecological monitoring of Shadgan lagoon, published by the Iranian fisheries science research institute. [In Persian]
- Karami, P. Mirsanjari, M. (2018). Analysis of land degradation in Hoveyze large wetland using remote sensing. *Wetland Ecobiology (Wetland)*. 10 (1 (35 consecutive)), 39-54.
- Maqami, Y. Ghazavi, R., Vali, A. & Sharafi, S. (2010). Evaluation of different interpolation methods for water quality zoning using GIS (Case study: Abadeh city). *Geography and Environmental Planning. Journal of Humanities Research, University of Isfahan*. 22 (2 (42 consecutive)), 171-182. [In Persian]
- Martínez-López, J., Carreño, M. F., Palazón-Ferrando, J. A., Martínez-Fernández, J. & Esteve, M.A. (2014). Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*. 26 (1): 193-204. [In Persian]
- Mehrpooyan, M. Jami, M. & Pourkermani, M. (2013). Investigating the annual and seasonal changes of Jazmourian Lake in the years 1972-2012 with the help of satellite images and GIS software, Fifth International Conference on Comprehensive Management of Natural Crises, Tehran. [In Persian]
- Mohammadi Roozbahani M, Rasekh A, & Jaafar Aghaei H. (2013). Biological assessment with use of HFBI index in Shadegan wetland. *Wetland Ecobiology*. 5 (3) :73-85. URL: <http://jweb.ahvaz.iau.ir/article-1-176-fa.html>. [In Persian]
- Nilsaz, Kh. Ismaili, F. Sabzali, S. Eskandari, Ghar. Ansari, H. & Albouid, P. (2016). Ecological monitoring of Shadegan wetland. *Fisheries Science Research Institute*. [In Persian]

- PoorKhabaz, H. & Yousefi Khanghah, SH. (2015). Salehipoor, F. Investigation of Land Use Change and Land Cover Shadegan Wetland Using Remote Gauge and GIS and Providing Management Solutions. *Wetland Ecobiology Quarterly*. 7 (25), 55-66.
- Rafiei, A. Danekar, A. & Zand Basiri, M. (2020). Bagherzadeh Karimi, M. Application of linear programming in measuring the feasibility of Shadegan wetland index according to the criteria of Ramsar Convention. *Environmental Science*. 46 (3), 421-436. [In Persian]
- Rahimi Balochi, L. & MalekMohamady, B. (2013). Assessment of environmental risks of Shadegan. *International Wetland based on ecological performance indicators*. 39 (65), 112-101.
- Ranjbar (1388).
- Salehi, H. Motamedi, M. & Mafi, E. (2020). Validation of summer temperature interpolation methods in northeastern Iran, *Quarterly. Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. 21 (61), 351-369.
- Shang, S. (2015). A general multi-objective programming model for minimum ecological flow or water level of inland water bodies. *Journal of Arid Land*, 7 (2): 166-176.
- Sima, S. & Tajrishi, M. (2006). Environmental Water Needs Assessment of Shadegan Wetland, 7th International Congress of Civil Engineering, Tehran.
- Sun, X., Xiong, S., Zhu, X., Zhu, X., Li, Y. & Li, B. L. J. E. m. (2015). A new indices system for evaluating ecological economic-social performances of wetland restorations and its application to Taihu Lake Basin, China. *Ecological modelling*, 295: 216-226.
- Tavakoli, M. Amini, D. & Faramarzi, M. (2020). Investigating the relationship between soil salinity change, land use and climatic factors (Case study: Shadegan, Khuzestan). *Environmental science and technology*, 22 (9): 43-58. [In Persian]
- Xu, Y., Wang, Y., Li, S., Huang, G. & Dai, C. (2018). Stochastic optimization model for water allocation on a watershed scale considering wetland's ecological water requirement. *Ecological Indicators*, 92: 330-341.