Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 44, No. 4, Winter 2022, p. 59-74

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Study and Monitoring of Wetland Area Changes and Its Impact on Wetland Surface Temperature Using NDWI, MNDWI, and AWEI Indices (Case Study: Hur al-Azim and Shadegan Wetlands)

Kh. Amiri[1], H. Seyed kaboli[2*] and F. Mahmoodi kohan[3]

1- M.S. Student of Water Resource Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful.
2-Corresponding Author, Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, (hkaboli@jsu.ac.ir).*
3- Ph.D. Candidate of Remote Sensing, University of Tehran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 16 December 2019
Revised: 28 July 2020
Accepted: 2 August 2020

Keywords:
Keywords: Remote Sensing, Spectral Index, Water Bodies, Mann-Kendall, Kappa Coefficient.

TO CITE THIS ARTICLE:

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

Introduction

Monitoring and conservation of the wetlands are very important due to their role in eco-system protection and providing socio-economic needs of the local community. Sarp and Ozcelik (2017); Nandi et al. (2018); Ali et al. (2019) used NDWI, MNDWI, and AWEI indices to monitor waterbodies changes based on Landsat (ETM+, OLI) dataset. In this study, these indices were applied to monitor area changes of Hur al-Azim and Shadegan wetlands in Khouzestan province that were selected as case study areas from 2000 to 2018. Wetlands area changes were evaluated for three months, including April, September, and January in any year that represents inflow changes. Mann-Kendall statistics were also used to study the changes in a wetlands area. The MNDWI index, compared to NDWI and AWEI, has better performance and higher accuracy. The results of Man-Kendall statistics showed that wetlands area changes have no significant relation to a 95% confidence level. Also, the correlation between temperature and wetland area changes showed that, on average, the wetlands' temperature changes by ±0.4 C per 1000-hectare area change.

Methodology

The preprocessing of the satellite images was first done to eliminate any errors, including radiometric, atmospheric, or geometric errors. The spectral indices of NDWI, MNDWI, and AWEI were calculated for the waterbodies extraction of Shadegan and Hur al-Azim wetlands from 2000 to 2018 via ENVI 5.1 software. Determining a dynamic threshold is needed to identify waterbodies information in different regions (Du et al., 2012). To evaluate the quantitative accuracy of water body extraction, each image was classified into two classes of water and non-water, based on their nature. More than 200 random points were produced using ground control points for each class. Google Earth software was used to determine training samples to evaluate the indices' accuracy and validate the results (Jiang et

al., 2018). The accuracy assessment of the classification results of the water bodies and no waterbodies maps for the 2000-2018 years was performed with the ground truth map and after the formation of the ambiguity matrix, based on the criteria of general accuracy, kappa coefficient, producer accuracy, and user accuracy. The optimum index threshold was utilized to produce binary maps during the statistical period 2000-2018. Then, the binary maps of all satellite images were created and led to the computation of waterbodies area. In this regard, the study of time-series trends was investigated using the Mann-Kendall method, a nonparametric test. The effect of area changes on wetlands temperature was also evaluated as most local climate variables that can impact other local climate variables.

Results and Discusspn

The extracted waterbodies for two Hur al-Azim and Shadegan wetlands in March 2003 are demonstrated in Fig. (1). All three indices range between -1 to +1, with value 1 representing the water bodies and value -1 indicating a non-water zone (vegetation and soil). Table (1) shows the overall accuracy and kappa coefficient for the best thresholds to compare the indices in waterbody extraction. To increase accuracy of the validation process, the density of training points in vegetated areas and edges were considered more. In general, all three indices have the same performance in terms of overall accuracy and can be efficient and accurate in extracting the waterbodies. However, the kappa coefficient in MNDWI is higher than both NDWI and AWEI. It indicates that the NDWI and AWEI indices are less accurate than the MNDWI due to mixing water pixels with other types of vegetations.

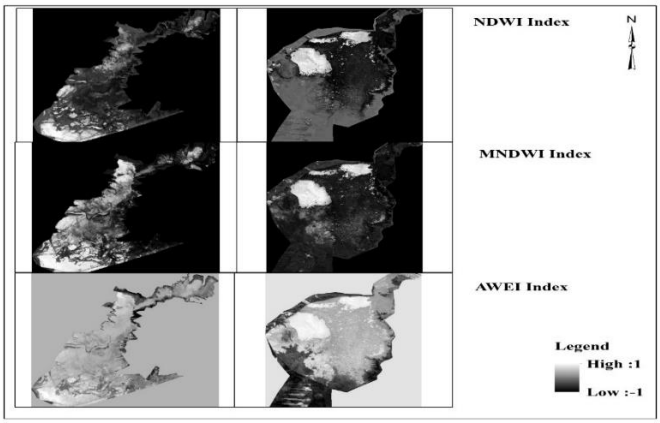


Fig. 1- Waterbodies extraction of Horalazim (The left side of image) and Shadegan (The right side of image), March 2003

Table 1- Evaluation of Horalazim and Shadegan wetlands classification results

Indices	Threshold	Kappa Coefficient (%)	Overall accuracy (%)	Producer Accuracy (%)		User Accuracy (%)	
				water	Non-water	water	Non-Water
NDWI	0.090	86	92.5	86	99	98.5	87.5
MNDWI	0.200	91	95.5	96	95	95	95.5
AWEI	0.000	85	92.5	89	96	95	89.5

In Fig. (2), the changes in water bodies area of Shadegan and Hur al-Azim wetlands derived from the optimal MNDWI index from 2000 to 2018 are presented on a monthly scale. The Shadegan wetland area changes during these years have been such that in September 2018, the lowest area was 60658 ha, and in March 2006, it had the maximum area of 91032 ha. Hur al-Azim wetland also had the lowest area of 60410.7 ha in September 2015, and its highest area in March 2008 reached 102240.1 ha.

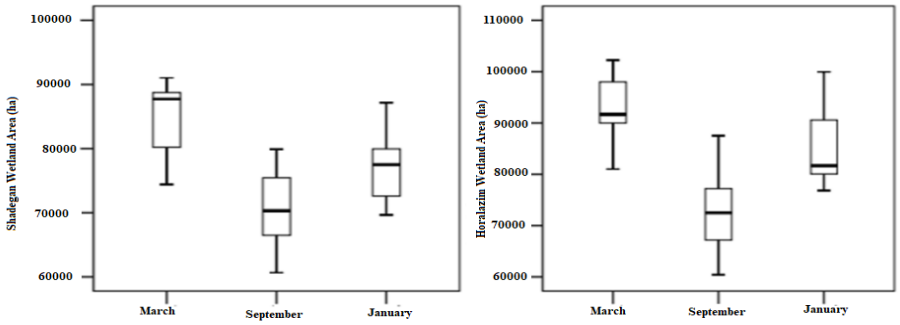


Fig. 2- Monthly change of wetlands area for the period 2000-2018

The trend of Area changes during this period (2000-2018) was performed separately for each given month using the Mann-Kendall test. Table (2) shows each data series's Kendall and Sen-Slope statistics values. The results showed no significant difference at a 95% confidence level of the wetland area change. In order to investigate the effect of area changes on temperature, the temperature changes of the wetland against the waterbodies changes are presented in Fig. (3). Generally, for both the Hur al-Azim and Shadegan wetlands, with increasing waterbodies area changes over the years, the temperature changes show a decreasing trend, and vice versa when the waterbodies area changes decrease. Of course, the temperature changes will have an increasing trend.

Table 2- The results of trend analysis by using Mann-Kendal test

Months	Wetland	Mean (ha)	Kendall statistics (T)	P-Value	Sen Slope
March		84562.33	-0.111	0.754	-105.604
September	Shadegan	71091.82	-0.278	0.348	-1176.89
January		77460.57	0.056	0.917	221.192
March		92743.5	-0.389	0.157	-1336.897
September	Horalazim	73514.63	-0.444	0.118	-1998.605
January		85397.72	-0.167	0.602	-212.88

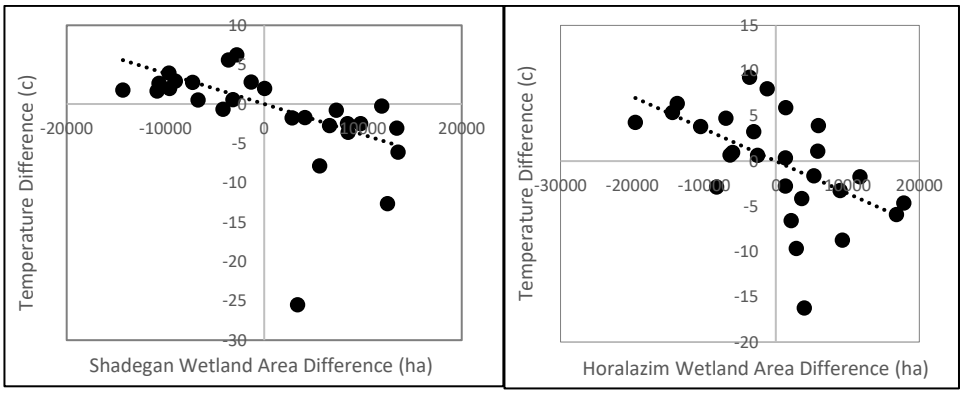


Fig. 3- wetlands area and temperature changes for the period 2000-2018

Conclusions

The appropriate thresholds for NDWI, MNDWI, and AWEI indices are 0.090, 0.200, and 0.000, with an overall accuracy of 92.5, 0.5 95, and 92.5, respectively. Area changes in the months for both wetlands did not show a significant trend and only showed seasonal changes in the year. However, the change in wetland area has a reverse correlation with the wetland temperature. In both Shadegan and Hur al-Azim wetlands, with increasing wetland area by 1000 hectares, the average temperature decreases by approximately 0.4 degrees.

Acknowledgment

The present study was carried out at the Hydroinformatic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering of Jundi-Shapur University of Technology, Dezful; thus, we are thankful to all who have accompanied us on this path.

References

1- Ali, M.I., Dirawan, G.D., Hasim, A.H. and Abidin, M.R., 2019. Detection of Changes in Surface Water Bodies Urban Area with NDWI and MNDWI Methods. *International Journal on Advanced Science Engineering Informatioan Technology*, *9*(3), pp.946-951.

2- Du, Z., Bin, L., Ling, F., Li, W., Tian, W., Wang, H., Gui, Y., Sun, B. and Zhang, X., 2012. Estimating surface water area changes using time-series Landsat data in the Qingjiang River Basin, China. *Journal of Applied Remote Sensing*, *6*(1), p.063609.

3- Jiang, W., He, G., Long, T., Ni, Y., Liu, H., Peng, Y., Lv, K. and Wang, G., 2018. Multilayer perceptron neural network for surface water extraction in Landsat 8 OLI satellite images. *Remote Sensing*, *10*(5), p.755.

4- Nandi, D., Chowdhury, R., Mohapatra, J., Mohanta, K. and Ray, D., 2018. Automatic Delineation of Water Bodies Using Multiple Spectral Indices. *Journal of Ijsrset*, 4 ,pp.498-510.

5- Sarp, G. and Ozcelik, M., 2017. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*, *11*(3), pp.381-391.

© 2022 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٤، شماره‌ی٤، زمستان ١٤٠٠، مقاله پژوهشی، ص. ٧٤-٥٩

مطالعه و پایش تغییرات سطح آب و تأثیر آن بر دمای سطح تالاب با استفاده از شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI (مطالعه موردی: تالاب‌های شادگان و هورالعظیم)

خدیجه امیری[۱]، حسام سیدکابلی[۲*] و فرهاد محمودی کهن[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار گروه عمران آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، hkaboli@jsu.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری سنجش از دور دانشگاه تهران.

دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲۵ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۷ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۲

چکیده

پایش و حفاظت از تالاب‌ها به‌دلیل نقش مهم این منابع در حفظ اکوسیستم و تامین نیازهای اقتصادی و اجتماعی جوامع بشری امری لازم و ضروری می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از سه شاخص NDWI، MNDWI و AWEI میزان سطح تالاب‌های هورالعظیم و شادگان واقع در استان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۹۷- ۱۳۷۸ مورد بررسی قرار گرفت. پس از فرایند پیش‌پردازش بر روی تصاویر لندست، برپایه ۲۰۰ نقطه تعلیمی حد آستانه هر شاخص در شناسایی سطح تالاب‌ها تعیین گردید که با توجه به دقت کلی ۹۵/۵ درصد و ضریب کاپای ۹۱ درصد، شاخص MNDWI نسبت به دو شاخص NDWI و AWEI از کارایی بهتر و دقت بالاتری برخوردار است. مساحت تالاب‌ها برای ماه‌های فروردین، شهریور و دی‌ماه در هر سال که معرف تغییرات حجم آب ورودی به تالاب‌ها هستند، با استفاده از شاخص MNDWI محاسبه شد. بررسی روند تغییرات سطح تالاب‌ها با استفاده از آزمون من-کندال نیز نشان داد که میزان تغییر مساحت تالاب‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای روند معنی‌دار نیست. این موضوع بیانگر تأثیر دخالت انسان در تنظیم میزان جریان ورودی به این تالاب‌ها توسط سدهای بالادست به‌خصوص در زمان خشک‌سالی و سیلاب می‌باشد. به‌طوری‌که بیشترین تغییرات مربوط به ماه فروردین و کمترین آن در ماه شهریور اتفاق افتاده است. هم‌چنین بررسی همبستگی تغییرات دمایی تالاب‌ها با تغییر مساحت‌ها نشان داد که به‌طور متوسط به ازای تغییر هر ۱۰۰۰ هکتار از مساحت تالاب‌های هورالعظیم و شادگان میزان دما ٤/٥±٠ درجه سلسیوس تغییر می‌کند.

کلید واژه‌ها: سنجش از دور، شاخص طیفی، پهنه‌های آبی، من-کندال، ضریب کاپا.

مقدمه

تالاب‌ها و دریاچه‌ها به‌عنوان منابع آبی ارزشمند از نظر اکولوژیکی و اقتصادی می‌توانند در ابعاد منطقه‌ای و یا جهانی مطرح گردیده و به‌دلیل کاربری‌های گوناگون مانند: تامین آب، تغذیه آب-های زیرزمینی، مهار سیلاب، رسوب‌گیری، نگه‌داری مواد مغذی، تولید انرژی، حمل و نقل آبی، گردشگری برای انسان بسیار مؤثر باشند (Cheraghi et al., 2013). اطلاعاتی درباره تغییرات زمانی و مکانی مساحت سطح دریاچه می‌تواند یکی از ضروریات برنامه‌ریزی، مدیریت و ارزیابی برنامه‌های منابع آبی در سطوح محلی و منطقه‌ای باشد (Bastawesy et al., 2008). از آن‌جاکه تغییرات در پهنه‌های آبی در سطوح مختلف زمانی و مکانی صورت می‌گیرد، بنابراین استفاده از تکنولوژی سنجش از دور، ابزاری ضروری و با ارزش جهت پایش تغییرات می‌باشد (Arekhi and Niazi, 2010). استفاده از فناوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای باعث گردید گامی مفید و مؤثر در جهت شناسایی و کمک به حل بحران به‌وجود بیاید. از مزایای فناوری سنجش از دور می‌توان به حفظ حالت طبیعی، عدم آسیب و تغییر در اکوسیستم عنوان کرد. هم‌چنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مناسب باعث سرعت در مطالعه و دقت در استخراج اطلاعات لازم می‌شود. Alesheikh et al. (2011) پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه را در سال‌های (۱۹۸۴ تا ۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و +ETM بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که مساحت دریاچه ۱۰۴۰ کیلومترمربع در بازه زمانی مورد نظر کاهش یافته است. Mozafari و Narangifard (2014) به بررسی میزان بارش بر تغییر سطح آب دریاچه مهارلو واقع در استان شیراز با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجنده TM ماهواره لندست در تاریخ‌های ۲۰ مارس ۱۹۹۹ و ۱۸ مارس ۲۰۰۹ پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد، مساحت دریاچه در سال ۲۰۰۹ با کاهش ۱۰۷ کیلومترمربعی در زمان مشابه نسبت به سال ۱۹۹۹ همراه بوده است که عمدتا به‌دلیل کاهش ۲۰۰ میلی‌متری میزان بارش در سال آبی نسبت به دوره مشابه می‌باشد. Razmi et al. (2017) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تشخیص تغییرات خطوط ساحلی، کاربرد شاخص بهینه و MNDWI را در بررسی تغییرات خط ساحلی شهرستان دیر را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد برای بررسی تغییرات خط ساحلی شهرستان دیر، دقت شاخص MNDWI از شاخص بهینه بیشتر است. Campos et al. (2012) عملکرد

DOI: 10.22055/JISE.2020.31854.1898

سه شاخص نرمال اختلاف آب $NDWIG_{/NIR}$ و $NDWINIR_{/MIR}$ و $NDWIG_{/MIR}$ را در نقشه‌برداری از اکوسیستم‌های آبی در سراسر موریتانی را مورد بررسی قرار دادند. نقشه‌ها با پهنه‌های آبی فصلی و دایمی (seasonal and permanent water) با استفاده از یک سری چندزمانی تصاویر لندست TM و لندست +ETM استخراج شدند. شاخص‌های استخراج پهنه آبی $NDWIG_{/NIR}$ و $NDWINIR_{/MIR}$ به‌ترتیب عملکرد خوبی در تشخیص پهنه آبی فصلی و دایمی داشتند، درحالی‌که $NDWIG_{/MIR}$ قادر به شناسایی بیشتر پهنه‌های آبی نبودند. Ghosh et al. (2015) به‌منظور پایش خطوط ساحلی جزیره هاتیا در بنگلادش، از روش سنجش از دور و GIS و MNDWI، بر روی تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM و +ETM، در سال‌های ۲۰۱۰ و۲۰۰۰، ۱۹۸۹ استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که فرسایش شدید در بخش‌های شمالی و غربی جزیره رخ داده است، درحالی‌که بخش‌های جنوبی و شرقی جزیره از طریق رسوب‌گذاری ایجاد شده‌اند. Gautam et al. (2015) در یک مطالعه برای شناسایی تغییرات حجم پهنه آبی در طول سال‌های (۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های مختلف شاخص‌های WRI، NDWI، MNDWI، طبقه‌بندی نظارت‌شده و مؤلفه مرطوب تبدیل K-T را مورد ارزیابی قرار دادند. چندین تکرار برای تعیین آستانه مناسب برای تشخیص مؤثر آب در مناطق شهری برای هر یک از روش‌ها انجام شد. عملکرد هر یک از الگوریتم‌ها براساس بررسی‌های میدانی مقایسه شد که نتایج نشان‌دهنده کاهش قابل توجه سطوح آبی طی ۱۲ سال مورد بررسی است. Sarp و Ozcelik (2017) در این مطالعه، تغییرات فضایی و مکانی در دریاچه بوردور ترکیه از سال (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر ماهواره چندزمانی لندست TM و +ETM مورد ارزیابی قرار دادند. برای استخراج سطح آب از داده‌های تصویری، از SVM و شاخص‌های طیفی آب از NDWI و MNDWI و AWEI استفاده کردند. براساس نتایج پیرسون، SSIW و RMSE از طبقه‌بندی SVM و شاخص‌های طیفی آب SVM و NDWI بهتر از شاخص‌های دیگر نقشه‌برداری سطح آب دریاچه با استفاده از داده‌های لندست می‌باشد. SVM نسبت به روش‌های مشاهداتی به‌ویژه در شناسایی بین دو و سه بازه زمانی مختلف دقیق‌تر و سریع‌تر است. Nandi et al. (2018) به بررسی تغییرات سطح آب در دریاچه چیلیکا در طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۶ با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست و با اتکا بر روش آشکارسازی طیفی آب و با استفاده از شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص MNDWI برآورد بهتر و دقیق تری را نسبت به سایر شاخص‌ها از خود نشان می‌دهد. Ali et al. (2019) با استفاده از شاخص‌های NDWI و MNDWI به بررسی تعیین تغییرات در پهنه‌های آبی مناطق شهری در ماکاسار اندونزی پرداختند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده این موضوع بود که در نه سال اخیر میزان سطح پهنه آبی در سطح شهر به‌طور پراکنده تا ۱۲۹/۸ هکتار افزایش یافته است. با توجه به اهمیت تالاب‌ها در مسائل محیط‌زیستی، تفرج‌گاهی و اکوتوریستی، پایش تغییرات سطح آب تالاب‌ها و پارامترهای کیفی آب ضرروری است. بنابراین روش‌هایی که بتواند با هزینه کم، دقیق و دایم به بررسی این تغییرات بپردازد، مورد توجه است. استفاده از تصاویر ماهواره و شاخص‌های باندی می‌تواند راه‌حل در دسترس باشد، اگرچه که این شاخص‌ها نیاز به صحت‌سنجی در هر منطقه مطالعاتی را دارند. هدف از انجام این مطالعه مقایسه شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI برای تعیین شاخص مناسب برای پایش تغییرات سطح تالاب‌های هورالعظیم و شادگان واقع در استان خوزستان است. علاوه بر این تغییرات سطح آب تالاب‌ها بر روی پارامتر دما به‌عنوان مهمترین پارامتر کیفی آب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تالاب هورالعظیم بزرگ‌ترین تالاب استان خوزستان و یکی از بزرگ‌ترین تالاب‌های ایران است. تالاب در مرز ایران و عراق واقع شده و حدود یک سوم این تالاب در ایران و دو سوم آن در کشور عراق است. تالاب هورالعظیم با مساحت ۱۱۸۰۰۰ هکتار در غرب استان خوزستان در انتهای رود کرخه در منطقه مرزی دشت آزادگان بین دو کشور ایران و عراق واقع شده است و دارای طول جغرافیای ۴۷ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۷ درجه ۱۶ دقیقه و۳۰ ثانیه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه ۵۳ دقیقه تا ۴۱ درجه عرض شمالی است. این تالاب مشترکاً در شهرستان‌های دشت آزادگان و هویزه استان خوزستان واقع گردیده است و از آب‌های رود کرخه، دویرج و بخشی از آب‌های اروندرود تشکیل شده است. ژرفای این تالاب کم است ولی تدریجاً در وسط آن به چند متر می‌رسد. سراسر هورالعظیم با نی پوشیده شده است.

تالاب بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های بزرگ ایران است. تالاب شادگان با مساحت ۵۳۷۷۳۱ هکتار در جنوب غربی ایران در جنوب شهر شادگان در استان خوزستان قرار دارد و از شمال به اهواز، از غرب به رودخانه کارون و جاده آبادان–اهواز، از جنوب به رودخانه بهمنشیر و خلیج‌فارس و از شرق به خور موسی و خورغزلان محدود می‌شود. تالاب شادگان در انتهای جنوب غربی کشور و بین ۴۸ درجه ۲۰ دقیقه تا ۴۹ درجه ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه عرض شمالی واقع شده است. رودخانه جراحی بزرگترین منبع تأمین‌کننده آب این تالاب است و پس از آن، نهر بحره که از رودخانه کارون منشعب می‌شود، تالاب شادگان را تغذیه می‌کند. طغیان رودخانه کارون و افزایش تراز سطح آب خلیج‌فارس و بارش‌های منطقه در تأمین آب شادگان نقش دارند، شکل (۱) نشان‌دهنده موقعیت منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

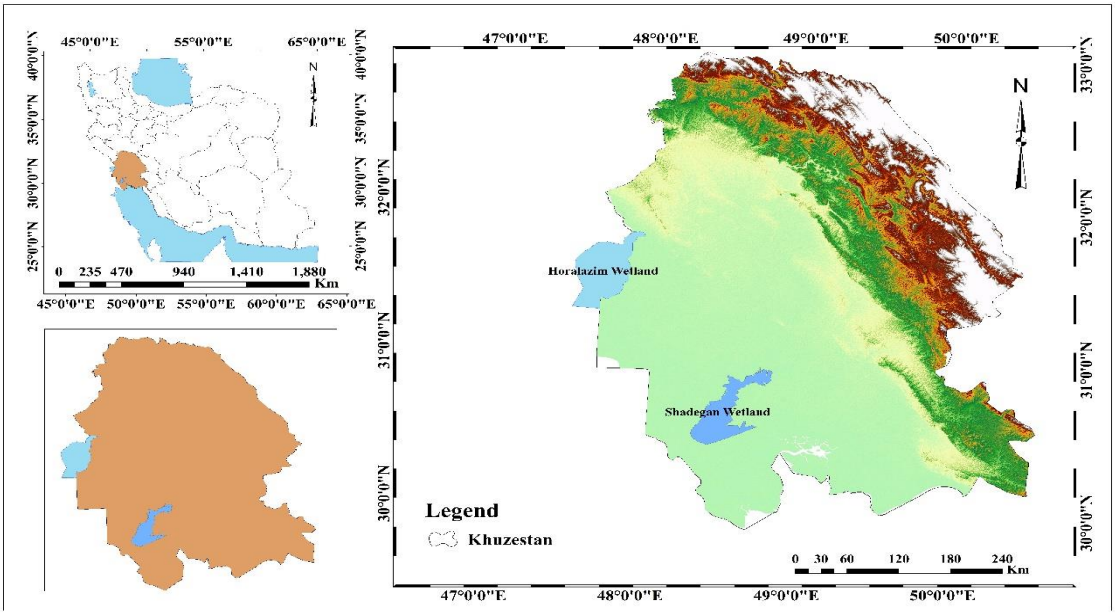


Fig. 1- The study area location

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش تصاویر سری ماهواره‌ای لندست مربوط به سنجنده، +ETM و OLI از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (http://www.earthexpolorer.usgs.gov) با فرمت GeoTIFF با سطح تصحیحات L1T برای هر باند با سیستم مختصات WGS84 UTM به‌صورت جداگانه تهیه گردید. بازه مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷در نظر گرفته شد که در هر سال سه تصویر مربوط به سه ماه فروردین، شهریور و دی‌ماه به‌عنوان پرآب‌ترین، کم آب‌ترین و سردترین ماه سال انتخاب گردید.

آماده‌سازی تصاویر

تصاویر خام سنجش از دور همیشه دارای خطایی در مقادیر ثبت‌شده برای پیکسل‌ها می‌باشند که به خطای رادیومتریک معروف است (Rezaei et al., 2008). تصحیحات رادیومتریک برای کاهش و یا حذف خطاهای موجود مقادیر درجات خاکستری ناشی از عوامل اتمسفری و دستگاهی، به‌کار می‌روند. تصحیحات اتمسفری در اثر جذب و پراکنش ذرات اتمسفر پیش می‌آید. خطاهای اتمسفری باعث محو جزییات تصویر می‌شوند و به این وسیله از قدرت تفکیک مکانی سنجنده نیز می‌کاهند، در این تحقیق با استفاده از روش فلش (FLAASH) تصحیحات اتمسفری صورت گرفته است. از کار افتادن اصلاح‌گر خط اسکن سنجنده ETM در تاریخ ۳۱ می سال ۲۰۰۳ باعث شده است که تمامی تصاویر گرفته‌شده بعد از این تاریخ، خطای خطوط جاافتادگی داشته باشند. خطوط جاافتاده به علل مختلفی در تصاویر ایجاد می‌گردند، بروز اشکال در سیستم برداشت، ارسال، دریافت، ثبت و تکثیر داده‌ها می‌تواند علل اصلی چنین مشکلی باشد (Fatemi and Rezaei, 2012). بعد از عملیات پیش‌پردازش، منطقه مورد مطالعه از کل تصاویر برش داده شده و سپس شاخص‌های سنجش از دور استخراج گردید.

استخراج مساحت تالاب‌ها به کمک شاخص‌ها

شاخص‌ها با استفاده از ترکیب باندهای مختلف و استفاده از تضاد محدوده طیفی باندها باعث بهبود در سیگنال طیفی دریافتی، شناسایی بهتر و خارج شدن نویز از قسمت‌های مختلف طول موج‌ها می‌شوند. یکی از روش‌های شناسایی سطح آب روش‌های مبنی بر شاخص‌های طیفی است، که استفاده از هر یک از این شاخص‌ها به موقعیت منطقه مورد مطالعه و ویژگی سطوح آبی مورد نظر بستگی دارد (Campos et al., 2012). McFeeters (1996) براساس این واقعیت که آب جذب قوی در حالی که پوشش گیاهی بازتاب قوی در باند مادون قرمز نزدیک طیف الکترومغناطیس دارد، شاخص آب تفاضلی نرمال شده (Normalized Difference Water Index-NDWI) را برای برجسته کردن پهنه آب پیشنهاد کرده است. دامنه مقادیر NDWI بین ۱- و ۱+ است. McFeeters (1996) صفر را به‌عنوان آستانه در نظر گرفته است. به این صورت که اگر NDWI>0 باشد، نوع پوشش آب است و اگر NDWI<0 باشد آب نیست. شاخص NDWI برای سنجنده‌های +ETM و OLI به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR} \qquad (۱)$$

در این رابطه Green: انعکاس باند سبز، NIR: انعکاس باند مادون قرمز نزدیک است.

DOI: 10.22055/JISE.2020.31854.1898

Xu (2006) شاخص اصلاح‌شده آب تفاضلی نرمال‌شده (Modified Normalized Difference Water Index) یا شاخص اصلاح شده NDWI را پیشنهاد کرد، با جایگزینی باند مادون قرمز میانی به جای باند مادون قرمز نزدیک در شاخص NDWI مورد مطالعه قرار گرفت. شاخص MNDWI در تشخیص پهنه آبی و خصوصیات خاک کارآمد می‌باشد. مقادیر این شاخص برای پیکسل غیرآب مانند زمین، گیاهان و مناطق مسکونی MNDWI<0 است و مقادیر MNDWI>0 به‌عنوان پیکسل آب در نظر گرفته می‌شود. این شاخص اصلاح‌شده، آستانه‌های پایدارتری نسبت به شاخص NDWI دارد و برای تشخیص تفاوت‌های دقیق در کیفیت آب مفید است.

$$\mathrm{MNDWI} = \frac{\mathrm{Green}-\mathrm{MIR}}{\mathrm{Green}+\mathrm{MIR}} \qquad (۲)$$

در این رابطه Green: انعکاس باند سبز، MIR: انعکاس باند مادون قرمز با طول موج کوتاه است.

Feyisa et al. (2014) شاخص اتوماتیک استخراج آب (Automated Water Extraction Index) در برطرف کردن پیکسل‌های تیره و شناسایی سطوح آبی را معرفی کردند. هدف اصلی شاخص AWEI به حداکثر رساندن تفکیک پیکسل‌های آب از غیرآب با استفاده از تفاضل باندها می‌باشد. با اعمال این شاخص در مناطقی که AWEI<0 باشد پیکسل غیرآب هست و در مناطقی که AWEI>0 باشد پهنه آب محسوب می‌شود که به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$\mathrm{AWEI} = 4 * (\mathrm{Green} - \mathrm{MIR}) - ((0.25 * \mathrm{NIR}) + (2.75 * \mathrm{SWIR}) \qquad (۳)$$

در این رابطه Green: انعکاس باند سبز، MIR: انعکاس باند مادون قرمز با طول موج، NIR: انعکاس باند مادون قرمز نزدیک، SWIR: انعکاس باند مادون قرمز با طول موج کوتاه برای شناسایی پهنه‌های آبی و تمیز دادن سایر عوارض از پهنه آبی به وسیله شاخص‌های سنجش از دور، نیاز به داشتن حد آستانه مناسب می‌باشد (Campos et al., 2012). انتخاب آستانه یک گام کلیدی در تعیین پهنه‌های آبی می‌باشد. McFeeters (1996) برای شاخص NDWI، عدد صفر را به‌عنوان حد آستانه در نظر گرفت. اما تعیین آستانه مناسب و منحصر به فرد، تمایز دقیق‌تری از پهنه آبی را ایجاد می‌کند (Ji et al., 2009). بنابراین، تعیین آستانه‌های متغیر یا پویا با استفاده از سنجش از دور برای شناسایی اطلاعات پهنه‌های آبی در مناطق مختلف مورد نیاز می‌باشد (Du et al., 2012). ازآنجایی‌که در تالاب‌ها عواملی هم‌چون وجود گیاهان آبزی و نیزارها وجود دارند و تغییرات عمق آب به صورت نامنظم پراکنده شده است و باعث ایجاد تداخل و خطا در جداسازی پیکسل‌های آبی از غیر آب می‌شود از این رو نیاز به تعیین یک حد آستانه مناسب، حس می‌شود. روش اتسو روشی برای تعیین آستانه-های دینامیک می‌باشد، این روش کلیه آستانه‌ها از صفر تا ۲۵۵ را بررسی می‌کند و در هر بار میزان واریانس درون کلاسی برای سمت چپ موقعیت و سمت راست آن محاسبه می‌کنند و سپس این دو مقدار را با هم جمع می‌نماید. این‌کار برای کلیه آستانه تکرار می‌گردد در پایان هر آستانه‌ای که دارای کوچکترین مقدار باشه به‌عنوان آستانه نهایی معرفی می‌شود (Otsu, 1997). برای تعیین آستانه مناسب در استخراج مساحت پهنه‌های آبی، به‌وسیله مقایسه مساحت حاصل از هر عدد نسبت داده شده به آستانه و مساحت پهنه‌های آبی حاصل از گوگل ارث و دخالت دادن عامل دقت کلی و ضریب کاپا استفاده گردید. روش انتخاب عدد مناسب برای آستانه بدین صورت است که اگر مساحت حاصل از آستانه مفروض به مساحت محاسبه شده بر روی گوگل ارث نزدیک‌تر باشد و هم‌چنین میزان دقت کلی و ضریب کاپا بالاتر باشد به عنوان شاخص مناسب و بهینه انتخاب می‌شود.

برای ارزیابی دقت کمی استخراج پهنه آب، هر یک از پیکسل‌های تصاویر لندست هفت و هشت بر حسب ماهیت خود، به دو کلاس آب و غیرآب طبقه‌بندی شدند. با استفاده از برداشت نقاط کنترل زمین بیش از ۲۰۰ نقطه تصادفی برای هر طبقه تولید شد. از نرم افزار Googel Earth به منظور تعیین نمونه‌های تعلیمی در ارزیابی دقت شاخص‌ها و اعتبار نتایج حاصل استفاده شد (Jiang et al., 2018). ذکر این نکته هم ضروری است که علت انتخاب تصاویر گوگل ارث این است که دارای رزولوشن بالایی هستند و از لحاظ تاریخ زمانی تا حد امکان به زمان برداشت تصاویر لندست نزدیک بودند. شکل (۲)، موقعیت نقاط تعلیمی را برای هر یک از تالاب‌ها نشان می‌دهد. ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی نقشه‌های پهنه آبی و غیرآبی مربوط به سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ با نقشه واقعیت زمینی و پس از تشکیل ماتریس ابهام، براساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت کاربر صورت گرفت. دقت کلی طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید (Alavipanah et al., 2004).

$$\mathrm{OA} = \frac{1}{\mathrm{N}}\sum \mathrm{P_{ii}} \qquad (۴)$$

در این رابطه OA: دقت کلی، N: تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\Sigma \boldsymbol{Pii}$: جمع عناصر قطر اصلی ماتریس، به‌دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مدنظر است از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی‌شده را مد نظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Bradley, 1997).

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{N}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}} \mathrm{x_{ii}} - \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}} (\mathrm{x_{i+}} \times \mathrm{x_{+i}})}{\mathrm{N}^2 - \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}} (\mathrm{x_{ii}} \times \mathrm{x_{+i}})} \qquad (۵)$$

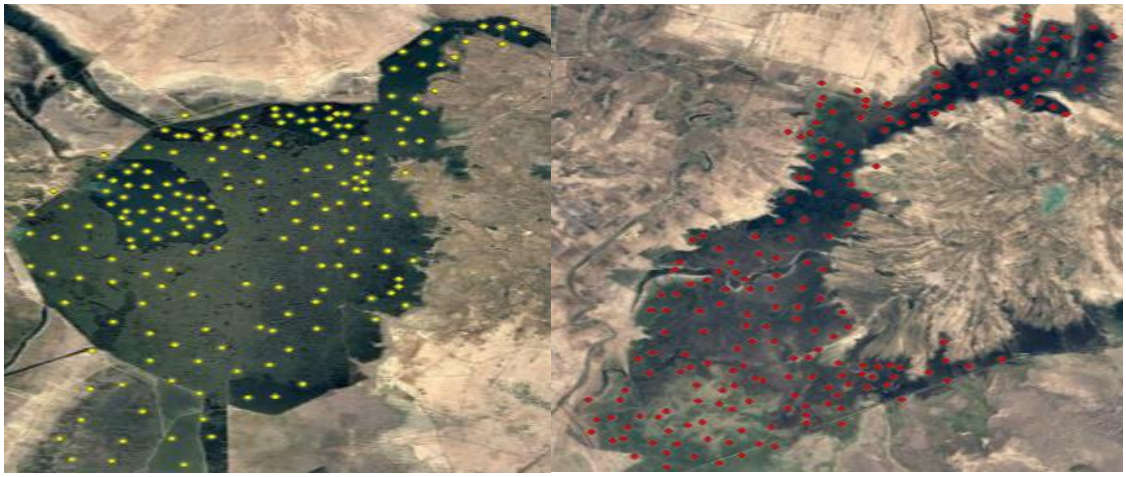


Fig. 2- The location of training points used on the Horalazim and Shadegan wetlands
شکل ۲- موقعیت نقاط تعلیمی مورد استفاده بر روی تالاب‌های هورالعظیم و شادگان

در رابطه (۵) k: ضریب کاپا، N: نشان‌دهنده تعداد کل پیکسل‌های مورد استفاده در ارزیابی دقت است، x_{ii}: نشان‌دهنده تعداد کل پیکسل‌های صحیح برای کلاس iام (شمارنده کلاس) است x_{+i}: نشان‌دهنده تعداد کل کلاس‌های iام است که از نتیجه طبقه‌بندی به‌دست آمده است و x_{+i}: نشان‌دهنده تعداد کل کلاس‌های iام از داده‌های اعتبارسنجی است.

دقت تولیدکننده (PA)، احتمال این‌که یک پیکسل در تصویر کلاس‌بندی‌شده، در همان کلاس در روی زمین قرار گیرد و دقت کاربر (UA)، احتمال این‌که یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند (Tilahun and Teferie, 2015).

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad (۶)$$

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad (۷)$$

که در روابط فوق، PA= درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده، ta= تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده به‌عنوان کلاس a، ga= تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی، UA= درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر، n_1= تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی می‌باشد.

از حد آستانه شاخص بهینه بر روی تصاویر مورد استفاده در طول دوره آماری (۱۳۹۷-۱۳۷۸) برای تهیه نقشه‌های باینری استفاده گردید. هر نقشه باینری از دو کلاس پهنه آب و پهنه غیرآب تشکیل شده است. باینری کردن شاخص به معنای صفر و یک کردن خروجی شاخص است، (اعمال یک حد آستانه) به‌طوری‌که تمامی ارقام بزرگتر از یک در نتایج شاخص به عنوان یک و تمامی ارقام کوچکتر از یک به‌عنوان صفر در نظر گرفته شوند. عمل باینری‌سازی نیز به نوبه خود باعث می‌شود که عدد یک به‌عنوان پیکسل آب و عدد صفر به‌عنوان پیکسل غیرآب در نظر گرفته شد (Mishra and Prasad, 2015). عدم وجود منابع اطلاعاتی دقیق‌تر مانند تصاویر ابرطیفی، جداسازی اجزا و طبقات مختلف مانند گیاه، آب گل آلود و ... را ممکن نمی‌سازد. ازطرفی استفاده از شاخص‌ها به منظور ساده‌سازی استخراج اطلاعات خاصی از داده‌ها بوده که در این‌جا فقط آب و خشکی است. بنابراین نمی‌توان از روش‌های دیگری مانند منطق فازی جهت استخراج اجزا و طبقات مختلف و افزایش دقت کار استفاده نمود و فرض بر ساده‌سازی استخراج داده‌های مورد نظر است. در ادامه با به‌دست آوردن نقشه باینری تمام تصاویر مساحت پهنه آبی محاسبه شد. حال نکته مهم این است که اطلاع از نحوه تغییرات مساحت پهنه‌های آبی در طول این مدت آماری می‌تواند در سناریوهای مدیریتی جامع منابع آب و تبیین سیاست‌های آتی نقش بسیار مفید و ارزنده‌ای داشته باشد.

در این خصوص، مطالعه روند سری‌های زمانی با استفاده از روش من-کندال (Chen et al., 2007) که یک آزمون ناپارامتریک است، مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی روند تغییرات با استفاده از آزمون من کندال روش کار به این صورت است که از آماره‌های MK-Stat، P-Value و Sen Slope استفاده می‌شود. می‌توان با استفاده از روابط زیر، آماره آزمون من کندال (T) را محاسبه نمود.

$$r = \left[\frac{4\,p}{n(n-1)}\right] - 1 \quad (۸)$$

$$Var(r) = \sigma 2r = \left[\frac{2(2\,n+5)}{9\,n(n-1)}\right] \quad (۹)$$

$$T = \frac{r}{\sqrt{Var(r)}} \quad (۱۰)$$

DOI: 10.22055/JISE.2020.31854.1898

در این رابطه n تعداد کل داده‌ها، p تعداد تجمعی سنواتی، σ مجموع این عوامل در طول دوره را نشان می‌دهد که مقدار داده از مقدار سال قبل بیشتر بوده و به عبارت دیگر اگر x_i، مقدار داده در سال i باشد، p تعداد مشاهداتی است که $x_j < x_i$ به طوری که $j > i$ باشد، درحالی‌که مقادیر منفی، نشان‌دهنده روند نزولی در سیر زمانی است. هم‌چنین اگر قدر مطلق T، بزرگتر از ۱/۹۶ باشد، در سطح احتمال پنج درصد دارای روند معنی‌دار و برای قدر مطلق T بزرگتر از ۲/۵۴، در سطح احتمال یک درصد دارای روند معنی‌دار می‌باشد (Hobbins et al., 2001).

نتایج و بحث

برای استخراج پهنه آبی تالاب‌های شادگان و هورالعظیم، شاخص‌های طیفی NDWI، MNDWI و AWEI طی دوره آماری ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ با استفاده از قسمت محاسبات باندی در نرم افزار ENVI 5.1 محاسبه گردید. باندهای دو،چهار و دو،پنج سنجنده +ETM و باندهای سه،پنج و سه،شش سنجنده OLI به‌ترتیب برای به‌دست آوردن شاخص‌های NDWI و MNDWI مورد استفاده قرار گرفتند.

هم‌چنین شاخص AWEI با استفاده از باندهای دو، چهار، پنج و هفت سنجنده +ETM و باندهای سه، پنج، شش و هفت سنجنده OLI محاسبه گردید. شکل (۳) پهنه‌های استخراج شده مربوط به دو تالاب هورالعظیم و شادگان را در ماه فروردین سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد، هر سه شاخص دارای محدوده‌ای بین ۱+ تا ۱− می‌باشند که مقدار یک نشان‌دهنده پهنه آبی و مقدار ۱− نشان‌دهنده پهنه غیرآب (پوشش گیاهی و خاک) می‌باشد.

برای ارزیابی دقت کمی استخراج پیکره آب، هر یک از پیکسل‌های تصاویر لندست هفت و هشت برحسب ماهیت خود، به دو کلاس آب و غیرآب طبقه‌بندی شدند. ۲۰۰ نقطه تصادفی برای هر طبقه تولید شد و اعتبار نتایج با استفاده از مقایسه مساحت‌های حاصل از تصاویر Google Earth و لندست از سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین تراکم نقاط تعلیمی در مناطق دارای پوشش گیاهی و در کناره‌های تالاب‌ها، بیشتر در نظر گرفته‌شد. سنجش دقیق شاخص‌ها با استفاده از ماتریس ابهام محاسبه گردید، دقت کاربر و دقت تولیدشده محاسبه شد. با توجه به مقایسه نتایج مساحت به‌دست‌آمده با یکدیگر و تصاویر گوگل ارث بهترین حد آستانه برای سری زمانی انتخاب شد (جدول ۱).

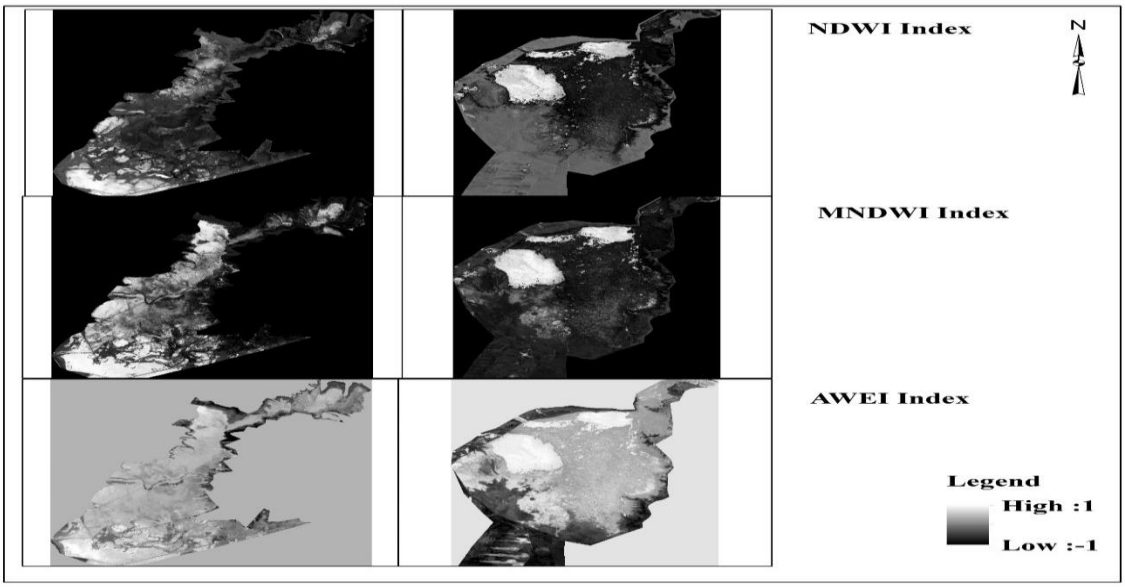


Fig. 3- Waterbodies extraction of Horalazim (The left side of image) and Shadegan (The right side of image), March 2003

شکل ۳- استخراج پهنه آبی تالاب هورالعظیم (سمت چپ تصویر) و شادگان (سمت راست تصویر) ماه فروردین سال ۱۳۸۲

جدول ۱- ارزیابی نتایج طبقه‌بندی تالاب هورالعظیم و شادگان

Table 1- Evaluation of Horalazim and Shadegan wetlands classification results

Indices	Threshold	Kappa Coefficient (%)	Overall accuracy (%)	Producer Accuracy (%)		User Accuracy (%)	
				water	Non-water	water	Non-water
NDWI	0.090	86	92.5	86	99	98.5	87.5
MNDWI	0.200	91	95.5	96	95	95	95.5
AWEI	0.000	85	92.5	89	96	95	89.5

به‌طورکلی هر سه شاخص از نظر دقت کلی، کارایی یکسانی داشتند و می‌توانند در استخراج پهنه آبی کارآمد و دقیق باشند اما با این حال، ضریب کاپا در شاخص MNDWI نسبت به دو شاخص NDWI و AWEI دارای مقدار بالاتری است. این امر بیانگر این موضوع است که شاخص‌های NDWI و AWEI به دلیل اختلاط پیکسل‌های آب با سایر انواع پوشش، دقت کمتری را نسبت به شاخص MNDWI از خود نشان دادند. بنابراین شاخص MNDWI نسبت به شاخص‌های NDWI و AWEI در استخراج پهنه آب از عملکرد و دقت بالایی برخوردار است. بر پایه این شاخص مساحت پهنه‌های آبی در طول دوره آماری ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ با استفاده از داده‌های مربوط به سنجنده‌های +ETM و OLI استخراج گردید. برای به‌دست‌آوردن نقشه‌های باینری، حد آستانه شاخص MNDWI بر روی تصاویر مورد استفاده در طول دوره آماری (۱۳۹۷- ۱۳۷۸) اعمال شد. سپس با تهیه نقشه باینری برای تمامی تصاویر مورد استفاده، مساحت پهنه آبی محاسبه شد.

شکل (۴) نمونه‌ای از میزان شاخص MNDWI را برای هر دو تالاب در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. این شکل مربوط به فرودین ماه است که معمولا تالاب‌ها در بهترین شرایط آبی در طول سال هستند.

در شکل (۵)، تغییرات مساحت پیکره آب تالاب شادگان و هورالعظیم حاصل از شاخص بهینه MNDWI طی دوره آماری (۱۳۹۷- ۱۳۷۸) به تفکیک هر ماه ارایه شده است. شکل (۶)، نیز روند تغییرات مساحت را در بازه مورد بررسی نشان می‌دهد. تغییرات مساحت تالاب شادگان در طی این سال‌ها به گونه‌ای بوده است که در ماه شهریور سال ۱۳۹۷ کمترین میزان مساحت ۶۰۶۵۸ هکتار و در ماه فروردین سال ۱۳۸۵، حداکثر میزان مساحت ۹۱۰۳۲ هکتار را دارا بوده است. تالاب هورالعظیم نیز در ماه شهریور سال ۱۳۹۴ کمترین میزان مساحت ۶۰۴۱۰/۷ هکتار و در ماه فروردین سال ۱۳۸۷ به بیشترین میزان مساحت خود ۱۰۲۲۴۰/۱ هکتار رسیده است.

متوسط مساحت در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ برای تالاب شادگان برابر با ۷۷۷۰۴/۹ هکتار و برای تالاب هورالعظیم برابر با ۸۳۸۸۵/۲۸ هکتار بوده است. تغییرات مساحت تالاب شادگان در ماه فروردین به صورتی است که میزان مساحت در سال ۱۳۹۴ در کمترین حد خود بوده است و در سال ۱۳۸۵ به حداکثر میزان خود رسیده است. میزان میانگین مساحت برای تالاب در طول این دوره برای فروردین ماه برابر با ۸۴۵۶۲/۳۳ هکتار و دامنه تغییرات آن بین ۱۱۱۲۷/۲۵+ تا ۱۵۶۸۲/۳۴- هکتار است. در ماه شهریور میزان مساحت در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۲ به‌ترتیب به کمترین و بیشترین میزان خود رسیده است، میانگین مساحت در این ماه برابر با ۷۱۰۹۱/۸۲ هکتار و میزان دامنه تغییرات آن بین ۱۳۸۵۳/۳۲+ تا ۹۲۰۳/۲۷- هکتار می‌باشد. در ماه دی نیز میزان مساحت در سال ۱۳۸۸ کمترین و در سال ۱۳۸۵ به حداکثر میزان خود رسیده است و دارای میانگینی برابر با ۷۷۴۶۰/۵۷ هکتار و دامنه تغییراتی به میزان ۱۲۸۱۷/۱۶+ تا ۱۱۵۹۸/۳۳- هکتار است.

تغییرات مساحت تالاب هورالعظیم در ماه فروردین سال ۱۳۹۴ و ۱۳۸۷ به‌ترتیب کمترین و بیشترین میزان خود قرار دارد. میزان میانگین مساحت در این دوره برابر با ۹۲۷۴۳/۵۰ هکتار و دامنه تغییرات آن از ۹۱۸۳/۷۴+ تا ۸۰۳۷/۷۵ - هکتار می‌باشد. تغییرات مساحت در ماه شهریور در سال ۱۳۹۴ در کمترین حد خود بوده است و در سال ۱۳۸۵ به حداکثر میزان خود رسیده است. میانگین مساحت تالاب ۷۳۵۱۴/۶۳ هکتار و دامنه تغییراتی به میزان ۱۶۷۳۳/۴۵+ تا ۱۴۴۷۹/۵۴- هکتار است. تغییرات مساحت در ماه دی در سال ۱۳۷۸ به کمترین و در سال ۱۳۸۷ به حداکثر میزان خود رسیده است. میانگین صورت‌گرفته در طی این مدت برابر با ۸۵۳۹۷/۷۲ هکتار و دامنه تغییرات آن از ۱۷۴۶۸/۳۴+ تا ۱۹۹۳۷/۰۵- هکتار است.

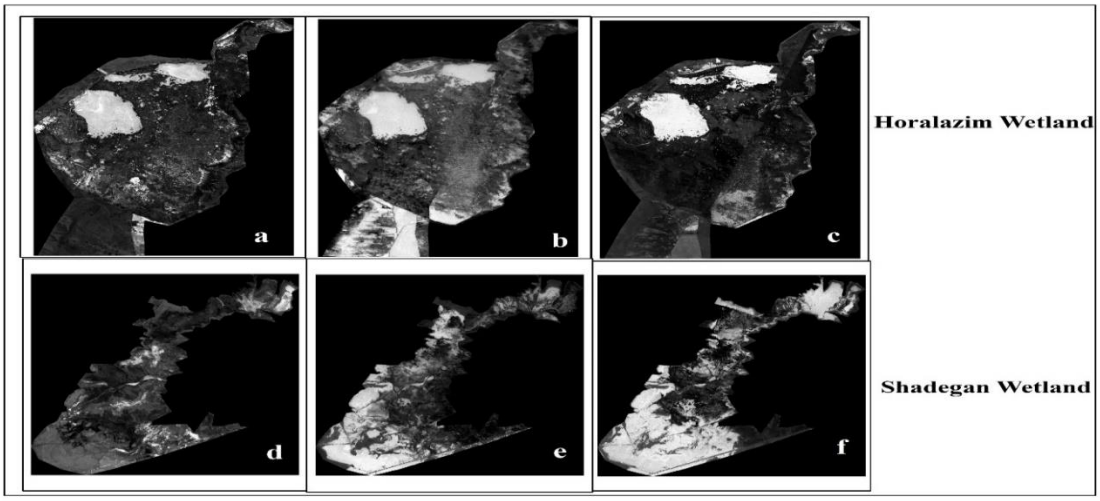


Fig. 4- MNDWI index change in March (a, d) 2000, (b, e) 2008 and (c, f) 2018

شکل ٤- تغییر شاخص MNDWI در ماه فروردین سال (a وd) ۱۳۷۹، (b و e) ۱۳۸۷ و (c و f) ۱۳۹۷

DOI: 10.22055/JISE.2020.31854.1898

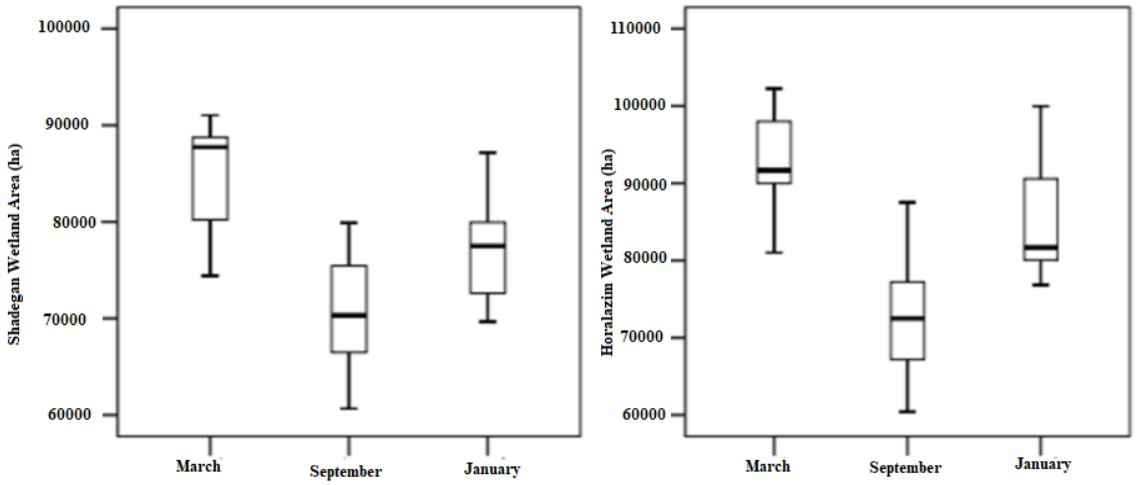


Fig. 5- Wetlands area change for the period 2000-2018 by month

شکل ۵- تغییر مساحت تالاب‌ها در بازه ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷به تفکیک ماه

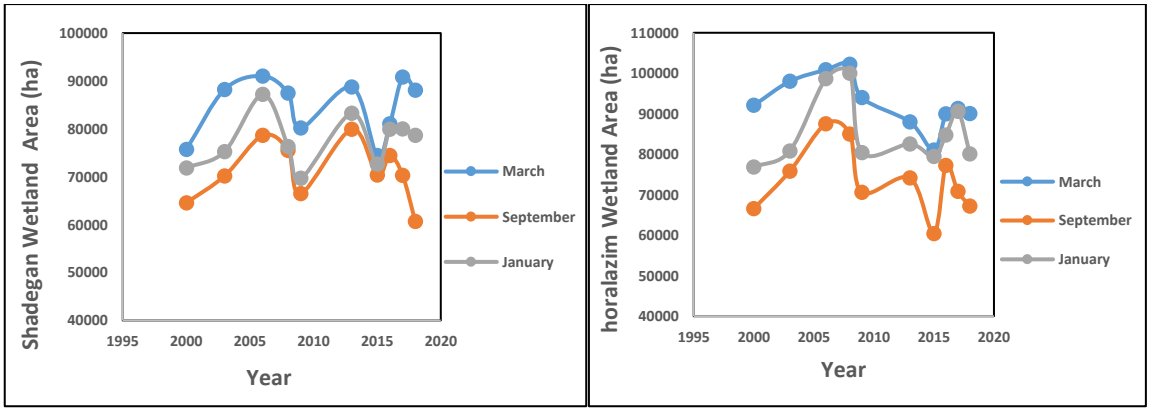


Fig. 6- Wetlands area change trend for the period 2000-2018

شکل ٦- روند تغییر مساحت تالاب‌ها در بازه ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷

جدول ۲- روند تغییرات مساحت پیکره آبی تالاب شادگان و هورالعظیم با استفاده از آزمون من‌کندال

Table 2- The trend of Shadegan and Horalazim wetlands area changes by using Mann-Kendal test

Months	Wetland	Mean (ha)	Kendall statistics (T)	P-Value	Sen Slope
March	Shadegan	84562.33	-0.111	0.754	-105.604
September		71091.82	-0.278	0.348	-1176.89
January		77460.57	0.056	0.917	221.192
March	Horalazim	92743.5	-0.389	0.157	-1336.897
September		73514.63	-0.444	0.118	-1998.605
January		85397.72	-0.167	0.602	-212.88

روند تغییرات مساحت در طی این مدت آماری برای هریک از ماه‌های مورد بررسی به‌صورت جداگانه و با استفاده از آزمون من کندال که از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های آماری است، انجام‌گرفت (Mustapha, 2013). جدول (۲) مقادیر آماره کندال و شیب Sen را برای هر سری داده نشان می‌دهد.

با توجه به جدول (۲) می‌توان بیان کرد که تمامی این اعداد مربوط به آماره کندال (T) در محدوده ۱/۹۶- تا ۱/۹۶+ قرار دارند. این وضعیت بیانگر این موضوع می باشد که روند تغییرات مساحت در طول این مدت معنی‌دار نمی‌باشد. در تالاب شادگان بزرگترین میزان برای آماره کندال ۰/۰۵۶ در دی ماه است و کمترین میزان آن ۰/۲۷۸- در شهریور ماه است. در خصوص تالاب هورالعظیم مقدار حداکثر آماره کندال باز هم در دی ماه به حداکثر میزان خود رسیده است و در شهریور ماه به کمترین مقدرا خود رسیده است. در هر دو تالاب الگوی تغییرات آماره کندال یکسان بوده است و علت این امر را می‌توان در ارتباط ماه مورد نظر و میزان تغییرات مساحت تالاب‌ها در آن‌ها دانست. علیرغم این‌که در هیچ از کدام از ماه‌های مورد نظر، آماره کندال عددی مبنی بر معنی‌دار بودن تغییرات مساحت در طی این سری زمانی را از خود نشان نداد. اما در خصوص مثبت و منفی بودن آماره کندال می‌توان گفت که در دی ماه با توجه به بالا بودن میزان بارش‌ها و کاهش دما مساحت تالاب‌ها تفاوت چندانی را از خود نشان ندادند و دارای الگوی پایدارتری نسبت به بقیه ماه‌ها بوده است. در شهریور ماه با توجه به نزدیک شدن به پایان سال آبی و گرمای هوا در تابستان تغییرات کاهشی مساحت تغییر بیشتری را نسبت به دو ماه دیگر از خود نشان داده است. هم‌چنین علت بیشتر بودن میانگین مساحت تالاب‌ها در فروردین ماه به علت افزایش دما و ذوب شدن پشته‌های برف در بالادست و همراه شدن آن با بارش‌های بهاری می‌باشد. از طرفی با استفاده از P-Value نیز می‌توان به حالت معنی‌دار بودن یا عدم معنی‌داری روند تغییرات پی برد. ازآن‌جایی‌که میزان P-Value همواره از ۰/۰۵ بزرگتر است، بنابراین بیانگر پذیرفته شدن فرض صفر می‌باشد و به این معنا است که تغییرات مساحت تالاب‌ها در این سری زمانی با همدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. میزان P-Value و آماره کندال مشابه با یکدیگر عمل می‌کنند، بدین صورت که بیشترین مقدار آماره کندال با بیشترین میزان P-Value و به‌طور بالعکس متناظر است. از طرفی در بررسی آماره Sen Slope که به‌عنوان یکی از قدرتمندترین روش‌های ناپارمتری برای برآورد روند خطی داده‌ها است و به‌طور گسترده‌ای در مباحث هیدرولوژیکی استفاده می‌گردد. چنان‌چه مقادیر عددی موجود در متغیر مورد نظر عددی مثبت یا منفی را بیان کند، نشان‌دهنده بزرگی تغییرات در متغیر مورد نظر می‌باشد. به این صورت که هر چه میزان این عدد، در محدوده اعداد بزرگتر از صفر باشد، میزان تغیرات کمتر بوده و هر چه این میزان به مقادیر منفی نزدیک شود بیانگر تغییرات بیشتر می‌باشد. به‌طورکلی میزان آماره Sen Slope با توجه به به آماره کندال (T) و P-Value تعیین می‌شود. این آماره برخلاف رگرسیون خطی نسبت به داده‌های پرت غیرحساس می‌باشد و از این رو می‌تواند برآورد بهتر و دقیق‌تری را انجام دهد (Liu et al., 2016، Zamani et al., 2017).

بررسی تغییرات دمایی تالاب با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و محصول دمایی آماده مودیس تحت عنوان MOD11A2 که دارای مقیاس زمانی هشت روزه و مقیاس مکانی یک کیلومتر است، در بازه ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ انجام گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که متوسط دمای تالاب شادگان در ماه‌های فروردین، شهریور و دی ماه به‌ترتیب برابر است با ۲۸/۳۶، ۴۴/۸۵ و ۲۰ درجه سلسیوس می‌باشد و این مقادیر در مورد تالاب هورالعظیم برابر با ۲۷/۵۵، ۳۹/۲۵ و ۱۹ درجه سلسیوس است. به‌طور متوسط دمای سالانه برای دو تالاب شادگان و هورالعظیم برابر با ۳۱/۱ و ۲۸/۶ درجه سلسیوس می‌باشد.

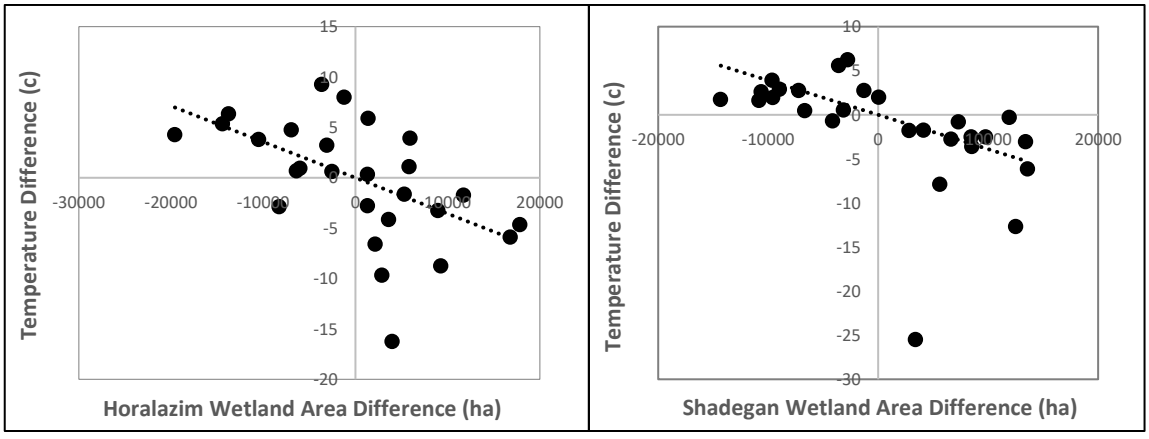


Fig. 7- Wetlands area and temperature changes for the period 2000-2018

شکل ۷- تغییرات دما و مساحت تالاب ها در بازه زمانی سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷

 DOI: 10.22055/JISE.2020.31854.1898

برای بررسی اثر تغییر مساحت بر روی دما، تغییرات دمایی تالاب در برابر تغییرات مساحت در شکل (۷) ارایه شد. به‌طورکلی برای هر دو تالاب هورالعظیم و شادگان، با افزایش تغییرات مساحت پهنه‌های آبی در طی این‌سال‌ها، تغییرات دما روند رو به کاهشی را از خود نشان می‌دهد و بالعکس در زمانی که میزان تغییرات مساحت پهنه‌های آبی کاهش می‌یابد، تغییرات دما روندی صعودی خواهد داشت. به عنوان مثال برای تالاب شادگان در سال ۱۳۷۸ با افزایش مساحت به میزان ۳۴۰۰ هکتار، دما به میزان ۲۵/۵ درجه کاهش داشته است و یا این‌که در سال ۱۳۹۷ با کاهش مساحت به میزان ۲۷۷۶/۱ هکتار، دما به میزان ۶/۲۵ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده است. در مورد تالاب هورالعظیم نیز در سال ۱۳۷۸ با افزایش ۳۹۸۳/۱ هکتار سطح تالاب میزان دمای تالاب ۱۶ درجه کاهش را تجربه کرده است و در سال ۱۳۹۷ به ازای کاهش ۳۶۵۹/۶ هکتار، دما به میزان ۹/۲۶ درجه سلسیوس افزایش یافته است. در بعضی اوقات، این تغییرات افزایشی یا کاهشی در میزان مساحت پهنه‌های آبی تا حدی از مسیر معکوس خود منحرف شدند و به صورت مستقیم و همسو با یکدیگر رفتار می‌کنند. بروز چنین حالتی می‌تواند ناشی از اثرات متقابل عوامل دیگری مانند فعالیت‌های انسانی، تغییرات کاربری بر روی دما باشد. با این وجود روند کاهشی دما با افزایش مساحت تالاب‌ها قابل استنتاج است به‌طوری‌که به‌طور متوسط با افزایش یا کاهش ۱۰۰۰ هکتاری مساحت تالاب‌ها دما به میزان ۰/۴ درجه کاهش یا افزایش پیدا خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده آستانه‌های مناسب برای شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI در طول دوره آماری برای تالاب هورالعظیم و شادگان به میزان ۰/۰۹۰، ۰/۲۰۰ و صفر با دقت کلی ۹۲/۵، ۹۵/۵ و ۹۲/۵ تعیین شدند. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج Kohshahi et al., (2015) و Rokni et al., (2014) مطابقت دارد. شاخص MNDWI نسبت به دو شاخص دیگر در استخراج نقشه پهنه آبی بهتر و کارآمدتر می‌باشد. این شاخص با لحاظ کردن حد آستانه به میزان ۰/۲ و دارا بودن دقت کلی ۹۵/۵ درصد و ضریب کاپا به میزان ۹۱ درصد توانست سطوح آبی را در تصاویر ماهواره لندست شناسایی نماید. در بسیاری از مطالعه‌های انجام شده (Razmi et al., 2017؛ Xu, 2006؛ Ghosh et al., 2015؛ Blackmore, 2016؛ Yu et al., 2016؛ Nandi et al., 2018) با توجه به ضرایب صحت‌سنجی (ضریب کاپا، دقت کلی، دقت کاربر و دقت تولیدشده) می‌توان نتیجه گرفت که شاخص MNDWI نسبت به شاخص NDWI و AWEI بهترین کارایی و عملکرد را در برآورد پهنه آبی و تعیین دقیق مرز پهنه آبی را داشته است. در تحقیق حاضر عملکرد آزمون ناپارامتری من‌کندال (Kohshahi et al., 2015 و Kumar et al., 2019) برای تعیین روند تغییرات زمانی پارامتر مساحت پهنه آبی مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییر مساحت در ماه‌های مورد نظر برای تالاب هورالعظیم و شادگان روند معنی‌داری را از خود نشان ندادند و فقط تغییرات مربوط به تغییرات فصلی در سال می‌باشند. با این حال میزان تغییر سطح تالاب‌ها با دمای خود تالاب رابطه عکس دارد به گونه‌ای که در هر دو تالاب شادگان و هورالعظیم با افزایش سطح تالاب به میزان ۱۰۰۰ هکتار، دمای متوسط تقریبا ۰/۴ درجه کاهش می‌یابد که این عدد با توجه به فصل سال متفاوت خواهد بود. این تغییر دمایی تالاب می‌تواند روی اکوسیستم تالاب و اقلیم محلی اثر قابل توجه خواهد گذاشت که بررسی این اثرات می‌تواند موضوع مناسبی برای تحقیقات بعدی باشد.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر در آزمایشگاه هیدروانفورماتیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول انجام گرفته است که بدین وسیله لازم است تا از تمامی کسانی که ما را در این مسیر همراهی نموده‌اند، قدردانی به عمل آوریم.

Reference

1- Alavipanah, S., Ehsani, A.H. and Omidi, P., 2004. Study of desertification and changes of damghan playa lands using multy specteral and multy temporal data. *Journal of Desert (Biaban)*,9(1), pp.143-154. (In Persian).

2- Alesheikh, A., Alimohammadi, A. and Ghorbamali, A., 2011. Uromiyeh lake shoreline change monitoring using remote sensing data. *Journal of Geographical Sciences*, 4(5), pp. 9-24. (In Persian).

3- Ali, M.I., Dirawan, G.D., Hasim, A.H. and Abidin, M.R., 2019. Detection of changes in surface water bodies urban area with ndwi and mndwi methods. *International Journal on Advanced Science Engineering Informatioan Technology*, 9(3), pp.946-951.

4- Arekhi, S. and Niazi, Y., 2010. Assessing different remote sensing techniques to detect land use changes (case study in Dareshahr, Ilam province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(1), pp.74-93. (In Persian).

5- Bastawesy, M.A., Khalaf, F.I. and Arafat, S.M., 2008. The use of remote sensing and GIS for the estimation of water loss from Tushka lakes, southwestern desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 52(3), pp.73-80.

6- Blackmore, D.S., 2016. Use of water indices derived from Landsat OLI imagery and GIS to estimate the hydrologic connectivity of wetlands in the Tualatin river national wildlife refuge (Doctoral dissertation, Portland State University), pp.98-102.

7- Bradley, A.P., 1997. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition*, 30(7), pp.1145-1159.

8- Campos, J.C., Sillero, N. and Brito, J.C., 2012. Normalized difference water indexes have dissimilar performances in detecting seasonal and permanent water in the Sahara–Sahel transition zone. *Journal of Hydrology*, 464, pp.438-446.

9- Chen, Y.N., Li, W.H., Xu, C.C. and Hao, X.M., 2007. Effects of climate change on water resources in Tarim river basin, northwest China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(4), pp.488-493.

10- Cheraghi, M., Aspergham, O. and Nouraei, M.H., 2013. Investigation of wetlands instability in Iran. In first congress of wetlands conservation and aquatics of Iran, Hamandishan mohite ziste farda Corporation, Hamedan, pp.3-6. (In Persian).

11- Du, Z., Bin, L., Ling, F., Li, W., Tian, W., Wang, H., Gui, Y., Sun, B. and Zhang, X., 2012. Estimating surface water area changes using time-series Landsat data in the Qingjiang River Basin, China. *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1), p.063609.

12- Fatemi, S.B. and Rezaei, Y., 2012. *Remote Sensing Foundations*. 3nd ed. Tehran. pp.184-185. (In Persian).

13- Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R. and Proud, S.R., 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, pp.23-35.

14- Gautam, V.K., Gaurav, P.K., Murugan, P. and Annadurai, M., 2015. Assessment of surface water Dynamicsin Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, supervised classification and KT transformation. *Aquatic Procedia*, 4, pp.739-746.

15- Ghosh, M.K., Kumar, L. and Roy, C., 2015. Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101(1), pp.137-144.

16- Hobbins, M.T., Ramírez, J.A., Brown, T.C. and Claessens, L.H., 2001. The complementary relationship in estimation of regional evapotranspiration: The complementary relationship areal evapotranspiration and advection-aridity models. *Water Resources Research*, 37(5), pp.1367-1387.

17- Ji, L., Zhang, L. and Wylie, B., 2009. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(11), pp.1307-1317.

18- Jiang, W., He, G., Long, T., Ni, Y., Liu, H., Peng, Y., Lv, K. and Wang, G., 2018. Multilayer perceptron neural network for surface water extraction in Landsat 8 OLI satellite images. *Remote Sensing*, 10(5), pp.755.

19- Kohshahi, R., Kaka Shadedi, H., Darabi, S. and Soleimani, k., 2015. Water bodies maps provide by using landsat 8 and NDWI & MNDWI Case study: (Maharlo lake, Fars Province, education and research group of Barvar Gostare Pars .Farhangian university, Golestan Provinc, pp.3-6. (In Persian).

20- Kumar, R., Pandey, P.C., Maharana, P., Gautam, H. and Pandey, V.K., 2019. Assessing the Impacts of Temperature, Precipitation and Land Use Change on Open Water Bodies of Middle Ghaghara River

Basin. In Water Conservation, Recycling and Reuse: Issues and Challenges (pp. 185-202). Springer, Singapore.

21- Liu, F., Zhang, H., Qin, Y., Dong, J., Xu, E., Yang, Y., Zhang, G. and Xiao, X., 2016. Semi-natural areas of Tarim basin in northwest China: Linkage to desertification. *Science of The Total Environment*, 573, pp.178-188.

22- McFeeters, S.K., 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of Remote Sensing*, 17(7), pp.1425-1432.

23- Mishra, K. and Prasad, P., 2015. Automatic extraction of water bodies from Landsat imagery using perceptron model. *Journal of Computational Environmental Sciences*, pp.2-6.

24- Mozafari, G.A. and Narangifard, M., 2014. The study of rainfall impact on Maharlou lake water surface change using remote sensing data. *Wetland Ecobiology*. 6 (1), pp.73-82. (In Persian).

25- Mustapha, A., 2013. Detecting surface water quality trends using Mann-Kendall tests and Sen's slope estimates. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 1, pp.108-114.

26- Nandi, D., Chowdhury, R., Mohapatra, J., Mohanta, K. and Ray, D., 2018. Automatic delineation of water bodies using multiple spectral indices. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 4 ,pp.498-510.

27- Otsu, N., 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), pp.62-66.

28- Razmi, M., Mohammad, A.H., Dadollahi, S.A., Nazemosadat, S. and Khazaei, S. 2017. Evaluation of the optimum index and mndwi in examining coastline changes in the northern persian Gulf (Case study: Dayyer). *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 1(26), pp.52-65. (In Persian).

29- Rezaei, B.M., Rostamzadeh, H. and Feyzzadeh, B., 2008. The study and evaluation of the trend of forest surface changes using the remote sensing and Gis: A case study of arasbaran forests (1987-2005). *Journal of Geographical Research Quarterly*, 39(62), pp.143-159. (In Persian).

30- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A. and Hazini, S., 2014. Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery. *Remote Sensing*, 6(5), pp.4173-4189.

31- Sarp, G. and Ozcelik, M., 2017. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*, 11(3), pp.381-391.

32- Tilahun, A. and Teferie, B., 2015. Accuracy assessment of land use land cover classification using google earth. *American Journal of Environmental Protection*, 4(4), pp.193-198.

33- Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of Remote Sensing*, 27(14), pp.3025-3033.

34- Zamani, R., Mirabbasi, R., Abdollahi, S. and Jhajharia, D., 2017. Streamflow trend analysis by considering autocorrelation structure, long-term persistence, and Hurst coefficient in a semi-arid region of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(1-2), pp.33-45.

35- Yu, S., Sun, L., Sun, Z. and Wu, M., 2016, July. Water body extraction and change analysis based on landsat image in Xinjiang coal-mining regions. *In 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* (pp. 6229-6232). IEEE.