



Comparing of water extraction indexes using landsat8 and sentinel2A images. Case study: boushehr shoreline

Afshin Sotoudehpour, Aghil Madadi *, Sayyad Asghari Saraskanrood

Department of Natural Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

* Corresponding Author Email: Aghil48madadi@yahoo.com

Received: 17 April 2019

Revise Date: 4 November 2019

Accepted: 23 December 2019

DOI: 10.22113/JMST.2019.179191.2281

Abstract

Remote sensing data has played an important role in natural resource management studies in recent years. These data, especially in water resources studies and research, have many uses. Among water-related studies, the use of water indexes in recent years has been widely considered. These indexes have grown and developed with the advancement and production of satellite images and their precision increased dramatically. In this research, Landsat 8 and Sentinel A2 satellite images were used on the coast of Bushehr on the Persian Gulf. 8 water indexes were selected and executed on images. Despite the fact to exist two classes of water and land unsupervised classification were applied to images. Finally, the overall accuracy and kappa coefficient values range from 77.0% to 99.6% and 0.55 to 0.99 respectively. For Landsat images, the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) and the Normalized Difference Pond Index (NDPI) were the best indexes. Water Ratio Index (WRI) and Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) were recognized as the worst index. For Sentinel 2A images, the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) and the Normalized Water Difference Index (NDWI), respectively, were the best. and the Automatic Water Extraction Index (AWEI_NSH) had the worst result. In general, the performance of the water indexes, and the accuracy level of the sentinel 2A images was significantly higher than the Landsat 8 images. This factor can be due to the higher spatial resolution of Sentinel images. For both Landsat 8 and Sentinel A2 images the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) has the best results.

Keywords: Sentinel 2A, landsat8, NDWI Index, MNDWI Index, NDPI Index

1. INTRODUCTION

More than 70% of the earth's surface is covered by water, then the use of remote sensing data to extract information from oceans, seas, and closed waters is very important (Alavipanah, 2004). Remote sensing data with different spatial, spectral, and temporal resolutions have provided a valuable resource for evaluating the water level and its changes in recent decades (Jawak et al., 2015). Extracting water from satellite images is more than two decades old. The use of satellite images for a general overview of phenomena and terrestrial resources recording the characteristics of phenomena by sensors and finally analyzing them in this field can help us a lot (Zarghami, 2011). activities such as checking water quality including salinity studies, checking suspended substances and sediments, checking watercolor, and chlorophyll level, and also quantitative studies of water sources are among the actions that can be done using remote sensing (Hashemi et al., 2018). Using such a technique to better control and manage the environment in advanced countries is considered a strategic technology (Mobasheri, 2014).

2. MATERIALS AND METHODS

The studied area is a 130-kilometer stretch from Bushehr Beach in Bushehr province. The area of the study area is about 182,650 hectares, which is located at 50° 45' to 51° 6' E, 28° 42' to 29° 10' N. The Landsat 8 satellite image of March 15, 2018, and July 17, 2001, as well as the SentinelA2 image of March 26, 2018, were used. Both images were taken with a short time interval. Landsat 8 images had a spatial resolution of 30 meters. In the Sentinel images, bands with a resolution of 10 meters were used, and for the use of other bands, the bands were unified using the Fusion operation. In this research, the 1:50000 topographic map of the

Geographical Organization of the Armed Forces was also used. Also, soil maps from the Jihad Agriculture and Geology Organization with a scale of 1: 100,000 were obtained from the Mapping Organization and used. 8 indices were used: Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), Normalized Difference pond index (NDPI), Normalized Difference Turbidity index (NDTI), Water Ratio Index (WRI), Normalized Difference Water Index (NDWI_A)), AWEI, AWEI_SH. To determine the correctness of the classified map, the control points prepared from the Google Heritage images were used along with 35 points taken using GPS. The Kappa coefficient was evaluated

3. RESULTS

By applying blue indices on both Landsat 8 and Sentinel A2 images, the blue areas were separated from the dry environment. In Landsat 8 images, the MNDWI index with an overall accuracy of 98% and a kappa coefficient of 0.97 had the best results, and the WRI index with an overall accuracy of 78% and a kappa coefficient of 0.55 presented the worst results. In Sentinel A2 images, the MNDWI index with an overall accuracy of 99% and a kappa coefficient of 0.99 had the best result, and the AWEI_NSH index with an accuracy of 77% and a kappa coefficient of 0.55 presented the worst result. For Landsat images, among the implemented indices, the modified normalized water difference index (MNDWI) and the normalized lake, wetland index (NDPI) were the best indices. Water ratio indices (WRI) and normalized turbidity difference index (NDTI) were recognized as the worst indices. For Sentinel A2 images, the modified normalized water difference index (MNDWI) and normalized water difference index (NDWI) had the best results, and the automatic water extraction index (AWEI_NSH) had the worst results. In general, in the implementation of blue indices, the level of accuracy and precision in the Sentinel A2 images was significantly higher than that of the Landsat 8 images.

4. CONCLUSION

In the present study, in general, the accuracy and precision of Sentinel A2 images were better than Landsat 8 in most of the indicators, and the higher spatial resolution of Sentinel images can be a reason for presenting better results. For both images, the modified normalized water difference index (MNDWI) was recognized as the best index that could distinguish water phenomena from other phenomena well; Although in the mentioned index, different results can be presented due to the combination of different bands. In both Landsat 8 and Sentinel A2 images, the automatic water extraction index (AWEI_NSH) presented the worst result in this index due to the high reflection of phenomena such as rocks, sand, the presence of shadows, and clouds with negative effects on the mentioned index. It is confused with water phenomena. On the other hand, this index showed that they provide poor results for revealing shallow waters (such as estuaries). In general, it can be said that the overall accuracy obtained in most of the applied indices shows reliable values, which is proof of the optimal choice of thresholds in these indices. Finally, the monitoring of the beaches of Bushehr from 2001 to 2018 shows that the beaches of Bushehr have undergone many changes during this period, and these changes were in the form of a regression of the coastline. The imbalance between the processes of erosion and sedimentation on this coast has caused the channel and estuary of most estuaries to shift and change in width.

References

- Alavipanah, S.K., 2004. Application of remote sensing in the earth sciences (soil). *University of Tehran Press. Tehran, Iran.* (In Persian)
- Hashemi, S.N., Akbarinasab, M. and Safarrad, T., 2018. The Detection of the Plume of the Arvand River Using Satellite Images. *Hydrogeomorphology*, 4(13), pp.147-164.
- Jawak, S.D., Kulkarni, K. and Luis, A.J., 2015. A review on extraction of lakes from remotely sensed optical satellite data with a special focus on cryospheric lakes. *Advances in Remote Sensing*, 4(3), pp.196-213. DOI: 10.4236/ars.2015.43016
- Mobasheri, M., 2014. Principles of physics in remote sensing and satellite technology. *Khaje nasir university of technology publishers. Tehran, Iran.* (In Persian).
- Zarghami, M., 2011. Effective watershed management; case study of Urmia Lake, Iran. *Lake and Reservoir Management*, 27(1), pp.87-94. <https://doi.org/10.1080/07438141.2010.541327>.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.





مقایسه شاخص‌های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتینل A (مطالعه موردی: سواحل بندر بوشهر)

افشین ستوده پور، عقیل مددی*، صیاد اصغری سراسکانرود

گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Aghil48madadi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2019.179191.2281

چکیده

داده‌های سنجنش از دور در سال‌های اخیر در مطالعات مربوط به مدیریت منابع طبیعی نقش مهمی داشته است. این داده‌ها به خصوص در مطالعات و پژوهش‌های منابع آبی کاربردی دارد. از میان مطالعات مربوط به منابع آبی استفاده از شاخص‌های آبی در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این شاخص‌ها با پیشرفت و تولیدات تصاویر ماهواره‌ای رشد و توسعه بیشتری یافتند و میزان دقت آنها به طور چشمگیری افزایش پیدا کرد. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتینل ۲A بر روی سواحل بوشهر در حاشیه خلیج فارس استفاده شد. هشت شاخص آبی انتخاب و بر روی تصاویر اجرا گردید. با توجه به وجود دو کلاس آب و خشکی، طبقه بندی نظارت نشده بر روی تصاویر انجام گرفت و در پایان با استفاده از نقشه‌های خروجی بدست آمده دقت کلی و ضریب کاپا دامنه‌ای بین ۷۷ تا ۹۹/۶ درصد و ۵۵ تا ۹۹/۰ بدست آمد. برای تصاویر لندست از میان شاخص‌های اجرا شده، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص دریاچه، تالاب نرمال شده (NDPI) بهترین شاخص‌ها بودند. شاخص‌های نسبت آب (WRI) و شاخص اختلاف تیرگی (کل آلودگی) نرمال شده (NDTI) به عنوان بدترین شاخص شناخته شدند. برای تصاویر سنتینل ۲A به ترتیب شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) و شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) دارای بهترین نتیجه بودند و شاخص استخراج اتوماتیک آب (AWEI_NSH) دارای بدترین نتیجه بود. به طور کلی در اجرای شاخص‌های آبی، میزان دقت و صحت موجود در تصاویر سنتینل ۲A به نسبت تصاویر لندست ۸ به طور چشمگیری بالاتر بود که این عامل می‌تواند به علت قدرت تفکیک مکانی بالاتر تصاویر سنتینل باشد. برای هر دو تصویر لندست ۸ و سنتینل ۲A، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) دارای بهترین نتیجه بود.

واژگان کلیدی: سنتینل ۲A، لندست ۸، شاخص NDWI، شاخص MNDWI، شاخص NDPI.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشراف کلی بر پدیده‌ها و منابع زمینی و ثبت ویژگی پدیده‌ها توسط سنجنده‌ها و در نهایت تحلیل آنها در این زمینه می‌تواند کمک بسیاری به ما کند (Zarghami, 2011). پایش و کنترل آب نقش مهمی را در مدیریت منابع آبی ایفاء می‌کند. اقداماتی نظیر بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوب، بررسی رنگ آب، میزان کلروفیل و همچنین مطالعات کمی منابع آب از جمله اقداماتی است که می‌توان با استفاده از سنجنش از دور انجام داد (Hashemi et al., 2018). به کار گرفتن چنین تکنیکی به منظور کنترل و مدیریت بهتر محیط در کشورهای پیشرفته نوعی فناوری راهبردی محسوب می‌شود (Mobasheri, 2014). داده‌های سنجنش از دور با قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی مختلف، یک منبع ارزشمند را برای ارزیابی سطح آب و تغییرات آن در دهه‌های اخیر ارائه نموده است (Jawak et al., 2015).

با توجه به اینکه بیش از ۷۰٪ سطح زمین را آب پوشانیده است، استفاده از داده‌های سنجنش از دور برای استخراج اطلاعات از اقیانوس‌ها، دریاها و آب‌های بسته اهمیت زیادی دارد (Alavipanah, 2004). استخراج آب از تصاویر ماهواره‌ای بیش از دو دهه قدمت دارد. روش‌های مبتنی بر تک باند که با استفاده از یک حد آستانه مناسب، عوارض آبی را استخراج می‌کنند. در این روش‌ها خطاها و عدم قطعیت معمولاً بخاطر مختلط بودن پیکسل‌های آب با سایر پیکسل‌های پوشش زمینی وجود دارد (Du et al., 2012). همچنین روش‌های چندباندی که با ترکیب باندهای انعکاسی برای بهبود استخراج مناطق آبی بکار می‌روند. برای مثال شاخص اختلاف آبی نرمال شده (NDWI) برای استخراج مناطق آبی از تصاویر لندست بکار رفته شده است (McFeeters, 2013).

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آبی (Water index) در سال‌های اخیر توسعه زیادی یافته است و منجر به انجام تحقیقات جدیدی شده است. این تحقیقات از سال ۱۹۹۵ میلادی و با ارائه شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) شروع شد. سپس روش‌ها و شاخص‌های دیگری نیز توسعه یافتند و به دنبال آن دقت نتایج بطور چشمگیری بهبود پیدا کرد. بعضی از تحقیقاتی که در این زمینه انجام گرفت بطور مختصر عبارتند از: Mcfeeters (1996) به دنبال ارائه شاخص اختلاف آب نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference vegetation Index: NDVI)، شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) را ارائه داد که در آن از باندهای سبز (GREEN) و مادون قرمز نزدیک

(Near infrared: NIR) استفاده شده بود. Kearney و Rogers (2004) باندهای مادون قرمز کوتاه (Short wave infrared: SWIR) و قرمز (RED) (باندهای ۳ و ۵ لندست) را برای تولید نقشه‌های آبی در شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) مورد استفاده قرار دادند؛ که به دلیل بازتاب کم آب‌ها در محدوده مادون قرمز به نتایج بهینه‌ای دست یافتند. Xu (2006) متوجه شد که شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) بطور کامل قادر به جداسازی پهنه‌های دارای ساختمان از پدیده‌های آبی نیست. وی به منظور اصلاح شاخص ذکر شده، شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) را ارائه داد که در آن باند مادون قرمز کوتاه (SWIR) (باند ۵ لندست)، جایگزین باند مادون قرمز نزدیک (NIR) گردید. Yang et al. (2017) روش‌های استخراج آب را بر اساس پیکسل پایه انجام دادند و سپس با آنالیز طیف‌های مختلف و بر اساس روش شیء‌گرا اقدام به طبقه‌بندی تصاویر نمودند؛ که استفاده از این روش ترکیبی منجر به ارائه نتایج بهتر و دقت بالاتری گردید. Kwang et al. (2017) با مقایسه تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ بر روی رودخانه ولتا (کشور غنا) با استفاده از شاخص‌های آبی دریافتند که شاخص‌های بازسازی آب بر روی تصاویر سنتینل ۲ نتایج بهتری نشان می‌دهد. Sarp و Ozcelik (2017) با استفاده از شاخص‌های NDWI, MNDWI, AWEI و روش طبقه بندی (Support Vector Machine: SVM) اقدام به استخراج آب بر روی تصاویر TM و ETM نمودند و عملکرد هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از روش پیرسون (Pearson)، اندازه گیری شاخص شبیه سازی ساختاری (Structural Similarity Index Measure: SSIM) و مجذور میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error: RMSE)، مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که شاخص MNDWI و روش طبقه بندی SVM نتایج بهتری دارد. Asghari Sarskanrood و Poorahmed (2016) شناسایی و استخراج تغییرات رودخانه‌ی زرنه رود را در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ به علت کاهش دبی رودخانه ایجاد تغییرات مورفولوژیک در بخش‌های مختلف بسیار پایین است. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که جهت تشخیص خط مرزی رودخانه تحلیل مولفه‌های اصلی از روش‌های دیگر کارآتر است. Zareei و Emami (2017) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی تغییرات زمانی- مکانی و ارائه مدلی برای پیش‌بینی دوره بهبود وضعیت سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از سنجنش از دور، در استفاده از چهار شاخص استخراج آب به این نتیجه رسیدند که شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. Razmi et al. (2017) در تحقیقی به بررسی تغییرات خط

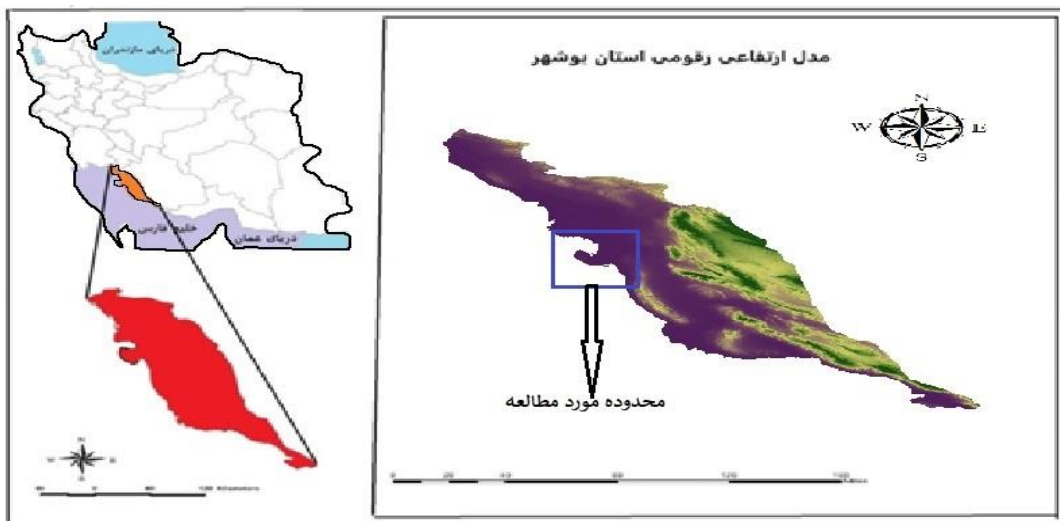
شد. همچنین با استفاده از دقت کلی و ضریب کاپا، عملکرد شاخص-ها مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

۲. مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه شهر بوشهر واقع در استان بوشهر است (شکل ۱). استان بوشهر با بیش از ۶۰۰ کیلومتر مرز دریایی دارای طولانی ترین مرز آبی با خلیج فارس است و به لحاظ سیاسی، اقتصادی و استراتژیکی از موقعیت مهمی برخوردار است. برای انجام این پژوهش یک بازه ۱۳۰ کیلومتری از ساحل بوشهر انتخاب شد. مساحت محدوده مطالعاتی حدود ۱۸۲۶۵۰ هکتار می باشد که در ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این منطقه از رسوبات کواترنری و عصر حاضر پوشیده شده است. به طور کلی از نظر ارتفاعی محدوده مورد مطالعه چندان مرتفع نبوده و بیشتر آن را اراضی پست و هموار تشکیل داده است؛ به طوری که بیشترین شیب طبقات مورد نظر را طبقاتی بین ۰ تا ۵ متر به خود اختصاص داده است. شبکه زهکشی موجود بیشتر از نوع فصلی بوده و رودهای دائمی کمی که در محدوده وجود دارند، از نواحی کوهستانی خارج از محدوده سرچشمه می گیرند. به لحاظ اقلیمی استان بوشهر کاملاً در کمربند پرفشار جنب حاره قرار گرفته است که دارای اقلیمی گرم و مرطوب می باشد.

ساحلی شهرستان دیر پرداختند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی کاربرد تکنیک فاکتور شاخص مطلوبیت OIF بود. نتایج جایابی خط ساحلی را هم به سمت دریا و هم به سمت خشکی نشان داد. Razmi et al. (2018) در پژوهشی با استفاده از شاخص بهینه و شاخص MNDWI خط ساحلی شمال خلیج فارس (دیر) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دقت شاخص MNDWI از شاخص بهینه بیشتر است. Asghari Sarskanrood et al. (2020) با استفاده از شاخص های AWEI، MNDWI، NMWI، WRI و تصاویر سنجنده های TM و ETM به ارزیابی شاخص های استخراج آب رودخانه گاماسیاب پرداختند. در تحقیق آن ها لندست ۸ و شاخص AWEI بهترین نتایج را نشان داد. با توجه به تحقیقات ذکر شده می توان نتیجه گرفت داده های سنجش از دور در مطالعات مربوط به آب دارای نقش مهمی هستند. به ویژه در سال های اخیر استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا مانند تصاویر سنتینل و تصاویر چندطیفی (MultiSpectral) مانند لندست بسیار مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تحقیق توانایی تصاویر ماهواره ای در زمینه استخراج آب مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت و شاخص های استخراج آب بر روی تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و سنتینل ۲A به منظور تشخیص خشکی از آب، بر پایه سنجش از دور در سواحل بوشهر اعمال خواهد



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

Fig. 1 - The study area

کشاورزی و زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان نقشه برداری اخذ و مورد استفاده قرار گرفت.

ماهواره سنتینل ۲ توسط آژانس فضایی اروپا برای جمع‌آوری اطلاعات از زمین طراحی و ایجاد شده است که در واقع ماموریت اصلی آن ارائه تصاویر چندطیفی با پوشش جهانی، دارای توان تفکیک مکانی و زمانی بالا، ارائه تصاویری مکمل داده‌های تصویری لندست و اسپات و همچنین جمع‌آوری اطلاعاتی از قبیل نقشه‌های پوشش زمینی، نقشه‌های تغییرات زمین و متغیرهای ژئوفیزیکی است. به لحاظ مکانی ماهواره سنتینل ۲ دارای ۴ باند ۱۰ متری، ۶ باند ۲۰ متری و ۳ باند ۶۰ متری می‌باشد. در این پژوهش همچنین با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ETM و OLI سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ تغییرات خط ساحلی مورد بررسی قرار گرفت.

در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۵ مارس سال ۲۰۱۸ میلادی مصادف با ۲۴ اسفند سال ۱۳۹۶ و ۱۷ ژوئیه سال ۲۰۰۱ میلادی و همچنین تصویر سنتینل ۲A مربوط به تاریخ ۲۶ مارس ۲۰۱۸ مصادف با ۶ فروردین ۱۳۹۷ استفاده شده است (جدول ۱). به لحاظ مقایسه هر دو تصویر، سعی گردید هر دو تصویر با فاصله زمانی کمی نسبت به هم اخذ گردند. تصاویر لندست ۸ از قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برخوردار بودند. در تصاویر سنتینل از باندهایی با قدرت تفکیک ۱۰ متری استفاده گردید و برای استفاده از سایر باندها نیز با استفاده از عملیات Fusion باندها یکسان شدند. در این تحقیق از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح نیز استفاده گردید. همچنین نقشه‌های خاک شناسی از سازمان جهاد

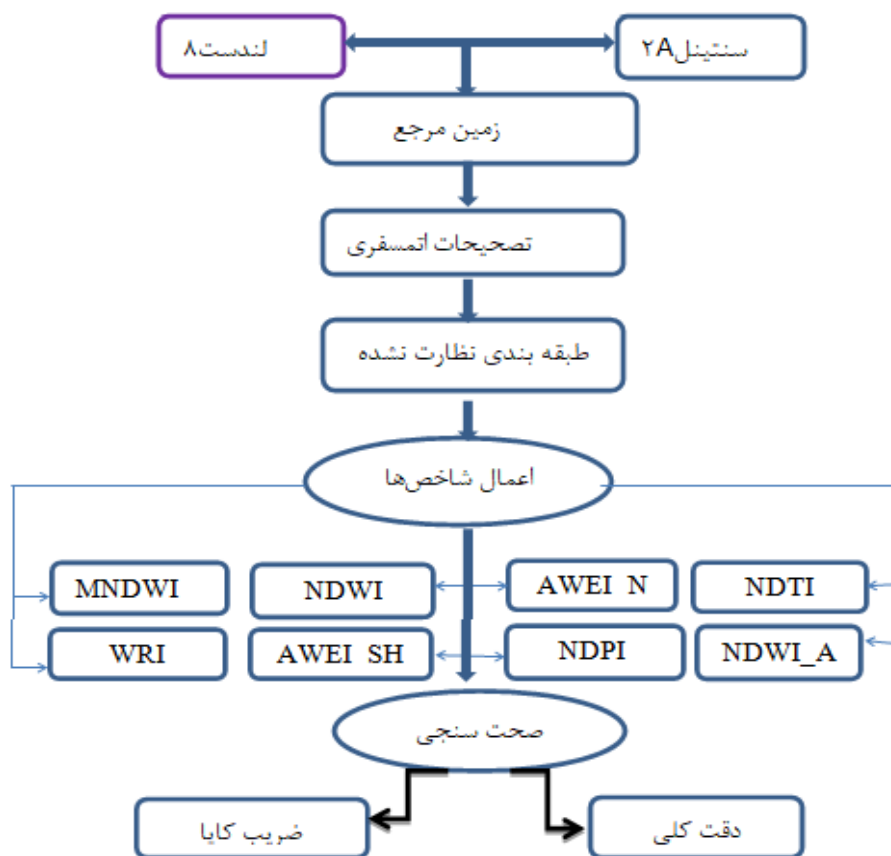
جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده شده

Table 1 - Specifications of the used images

ماهواره	تاریخ اخذ	قدرت تفکیک مکانی (متر)	منبع	ردیف	گذر
سنتینل ۲A	۲۰۱۸/۳/۲۶	۱۰ متر	Copernicus	-	-
لندست ۸	۲۰۱۸/۳/۱۵	۳۰ متر	usgs	۴۰	۱۶۳
لندست	۲۰۰۱/۷/۱۷	۲۰ متر	usgs	۴۰	۱۶۳

۲A در باندهای مختلف، عملیات Fusion روی آن صورت گرفت. تصاویر Rescale شدند. در مرحله بعد با استفاده از Band math شاخص‌ها اجرا گردید و سپس طبقه بندی نظارت نشده روی آن انجام شد. سپس با استفاده از پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپا شاخص‌های اعمال شده بر روی هر دو تصویر مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۲). شاخص‌ها و روابطی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند در جدول ۲ آورده شده اند. اولین شاخص مورد استفاده (رابطه ۱)، شاخص اختلاف آب نرمال شده است (Mcfeeters, 1996) که آب را در تصاویر و داده‌های سنجش از دوری آشکارسازی می‌کند. وی از باند مادون قرمز نزدیک (NIR) و سبز برای این منظور استفاده کرد. این شاخص با کم اثرتر کردن پدیده‌های غیرآبی مانند: خاک و پوشش گیاهی، باعث بازتاب بیشتر پهنه‌های آبی و در نتیجه تمایز بیشتر آن می‌شود. این شاخص توانایی تشخیص آب تیره یا آب گل آلود را دارد. این شاخص با استفاده از انعکاسات مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز با طول موج کوتاه محاسبه می‌شود. دامنه‌ی تغییرات این شاخص نیز بین ۱- تا ۱+ می‌باشد. آب در این شاخص دارای مقادیر مثبت است (Salmon et al., 2013).

بعد از اخذ تصاویر لندست ۸ از سایت USGS (<http://www.earthexplore.usgs.gov>) عملیات پیش پردازش بدین صورت روی آنها انجام گرفت: پس از مشخص شدن محدوده مطالعاتی، تصاویر ترکیب باند شدند و با استفاده از تابع Subset محدوده‌ها جدا شدند. سپس تصحیحات لازم بدین صورت روی آنها انجام شد: ابتدا به منظور تعدیل انرژی رسیده به ماهواره و همچنین حذف تابش‌های اضافی توسط سنجنده، Radiance و Reflectance تصاویر محاسبه گردید. در مرحله بعد با استفاده از روش (Quick atmospheric correction: QUAC) تصحیحات اتمسفری روی تصویر لندست انجام گرفت. سپس تصاویر Rescale شدند و با استفاده از ابزار Band Math شاخص‌ها بر روی تصویر اجرا گردید و بارزسازی انجام شد. در مرحله بعد با توجه به وجود دو کلاس آب و خشکی، با استفاده از الگوریتم طبقه بندی نظارت نشده (Iso data classification) طبقه بندی تصاویر انجام گرفت. در مورد تصاویر سنتینل ۲A نیز پس از اخذ تصویر، ابتدا تصاویر موزائیک شده و پس از جداسازی محدوده مطالعاتی، با استفاده از نرم افزار Snap (نرم افزار تخصصی سنجنده سنتینل)، تصحیحات لازم بر روی آن انجام گرفت. بعد از ترکیب باند، با توجه به قدرت تفکیک مکانی سنتینل



شکل ۲- فلوجارت روش کار

Fig. 2- Flowchart of the work method

جدول ۲- شاخص‌ها و روابط استفاده شده

Table 2- used indicators and relations

(۱) رابطه NDWI = $\frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$	(۲) رابطه MNDWI = $\frac{GREEN - MIR}{GREEN + MIR}$	(۳) رابطه NDPI = $\frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$
(۴) رابطه NDTI = $\frac{RED - GREEN}{RED + GREEN}$	(۵) رابطه WRI = $\frac{GREEN + RED}{NIR + SWIR}$	(۶) رابطه NDWI-A = $\frac{NIR - MID}{NIR + MID}$
(۷) رابطه AWEI_SH = Blue + 2.5 × Green - 1.5 × (NIR + SWIR1) - 0.25 × SWIR2		
(۸) رابطه AWEI_nsh = 4 × (Green - SWIR1) - 0.25 × (NIR + 2.75) × SWIR2		
(۹) رابطه OA = $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k x_{ii}$	(۱۰) رابطه $\tilde{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})}$	

Normalized Difference Water Index (NDWI)	رابطه (۱)
Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)	رابطه (۲)
Normalized Difference pond index (NDPI)	رابطه (۳)
Normalized Difference Turbidity index (NDTI)	رابطه (۴)
Water Ratio Index (WRI)	رابطه (۵)
Normalized Difference Water Index (NDWI_A)	رابطه (۶)

قرار می‌گیرد. از این شاخص می‌توان برای تالاب‌ها، دریاچه‌ها و آب-های آزاد استفاده کرد.

شاخص AWEI_SH (رابطه ۷) شاخص استخراج اتوماتیک نیز از جمله شاخص‌هایی بود که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص توسط Feyisa et al. (2014) ارائه گردید. این شاخص برای بهبود و صحت طبقه‌بندی در مناطق برخورد از سطوح تاریک و دارای سایه مورد استفاده قرار گرفت. برای توسعه این شاخص‌ها ۵ باند به کار برده شد.

شاخص AWEI (رابطه ۸) در دو بعد توسعه یافت؛ یکی برای حذف پیکسل‌های سایه و دیگری حذف پیکسل‌های غیر آب که شامل پدیده‌های تیره‌ی انسان ساخت در مناطق شهری است (Feyisa et al., 2014). این شاخص را می‌توان برای تشخیص آب از غیر آب تحت شرایط محیطی مختلف استفاده کرد (Jawak et al., 2015).

در مرحله صحت سنجی نتایج، بر روی هر یک از تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۱A، ۸ شاخص آبی اجرا گردید (شکل ۳ و ۴). به منظور تعیین صحت نقشه طبقه‌بندی شده از نقاط کنترلی تهیه شده از روی تصاویر گوگل ارث به همراه ۳۵ نقطه برداشت شده با استفاده از GPS استفاده شد. صرفاً اعمال شاخص‌ها و آستانه گذاری نمی‌تواند معیاری برای مقایسه انواع شاخص‌ها باشد. لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. از این رو ضریب کاپا (Kappa Coefficient) و دقت کلی (Overall Accuracy) معیارهای مناسبی برای این امر هستند. در نهایت برای اطمینان از نتایج بدست آمده، نقشه‌های خروجی با استفاده از پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۳).

دقت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌های درست طبقه بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه بندی شده که از رابطه ۹ بدست

شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده اصلاح شده شاخص MNDWI است (رابطه ۲) که توسط Xu (2006) ارائه گردید و در آن باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵ لندست ۸ و باند ۸ سنتینل ۲) جایگزین باند مادون قرمز میانی گردید. مزیت این شاخص بازسازی پهنه‌های آبی با زمینه‌های پر از ساختمان است. همچنین این شاخص قابلیت حذف اثر سایر پدیده‌ها را خیلی بهتر فراهم می‌کند. نتایجی که از MNDWI به دست می‌آید؛ بدین صورت است:

(۱) مقادیر مثبت نشان دهنده‌ی آب می‌باشند چرا که آب در باند MIR بیشتر از NIR جذب می‌شود.

(۲) مقادیر منفی نشان دهنده‌ی عناصر و پدیده‌های انسان ساخت می‌باشد چرا که این پدیده‌ها در باند MIR نسبت به باند NIR انعکاس بیشتری دارند.

شاخص مورد استفاده دیگر شاخص اختلاف دریاچه یا تالاب نرمال شده است (رابطه ۳) که شاخصی است کاملاً کاربردی و از نسبت باند سبزو مادون قرمز میانی تشکیل شده است. این شاخص برای جداسازی پهنه‌های آبی دریاچه‌ها، به خصوص تالاب‌ها از آن استفاده می‌شود.

شاخص NDTI (رابطه ۴) برای شناسایی نواحی خاکی گل آلود و رطوبتی که در خاک وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شاخص نسبت آب (رابطه ۵) یکی دیگر از شاخص‌های آب است که توسط Shen و Li (2010) ارائه گردیده است. این شاخص از نسبت باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز میانی و نزدیک تشکیل شده است و برای شناسایی پهنه‌های آبی به کار می‌رود.

شاخص NDWI_A (رابطه ۶)، شاخصی است که از نسبت نرمال شده باند سبز و مادون قرمز نزدیک استفاده می‌کند. مهم‌ترین ویژگی این شاخص طیفی این است که در برآورد پهنه‌های آبی و محاسبه مساحت آن‌ها و جداسازی آب از سایر پوشش‌ها مورد استفاده

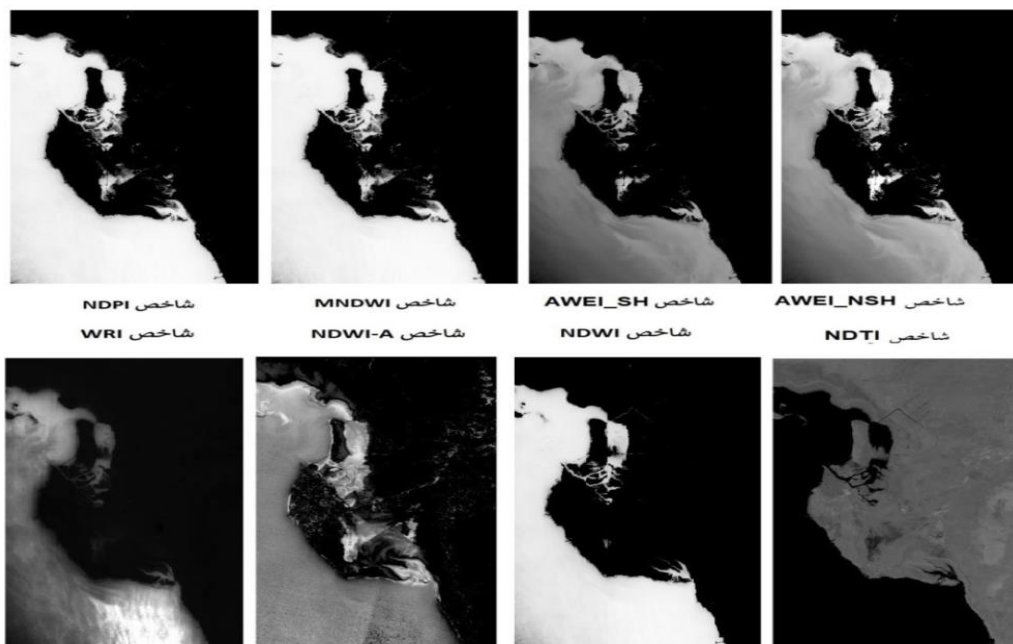
واقعیت زمینی است. ضریب کاپای بالای ۰/۸ نشان دهنده قوی بودن و همسو بودن طبقه بندی با واقعیت زمینی است و اگر این مقدار بین ۰/۴ تا ۰/۸ باشد یک طبقه بندی متوسط و کمتر از ۰/۴ نشان دهنده طبقه بندی ضعیف است (Jensen, 2015). طبقه بندی پیکسل پایه شامل طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده است. در طبقه بندی نظارت نشده پیکسل‌هایی که دارای خواص طیفی مشابه هستند در یک گروه با عنوان خوشه جمع می‌شوند. در این طبقه بندی کاربر تعداد کلاس‌ها را مشخص می‌کند. اما در طبقه بندی نظارت شده کاربر نمونه‌های آموزشی را معرفی کرده و بر اساس این نمونه‌ها طبقه بندی صورت می‌گیرد (Kaplan and Avdan, 2017)

می‌آید؛ که در آن، OA، صحت کلی، N: تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum x_{ii}$: مجموع درآیه‌های قطر اصلی ماتریس خطا است (Jensen, 2015). صحت کلی یک برآورد کلی از صحت طبقه بندی است. از محدودیت‌های این روش این است که پیکسل‌هایی که به اشتباه به طبقه‌ای اختصاص یافته‌اند و پیکسل‌هایی که به عنوان طبقه واقعی خود طبقه بندی نشده‌اند در محاسبه لحاظ نمی‌شوند.

ضریب کاپا یک شاخص آماری است که از ماتریس خطا به دست می‌آید و صحت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی بیان می‌کند و از طریق رابطه ۱۰ بدست می‌آید (Jensen, 2015). در مواردی که مقایسه صحت طبقه بندی مورد توجه است، از ضریب کاپا استفاده می‌شود. دامنه کاپا بین صفر و یک است که عدد یک نشان دهنده همسویی صد درصد نقشه طبقه بندی شده با

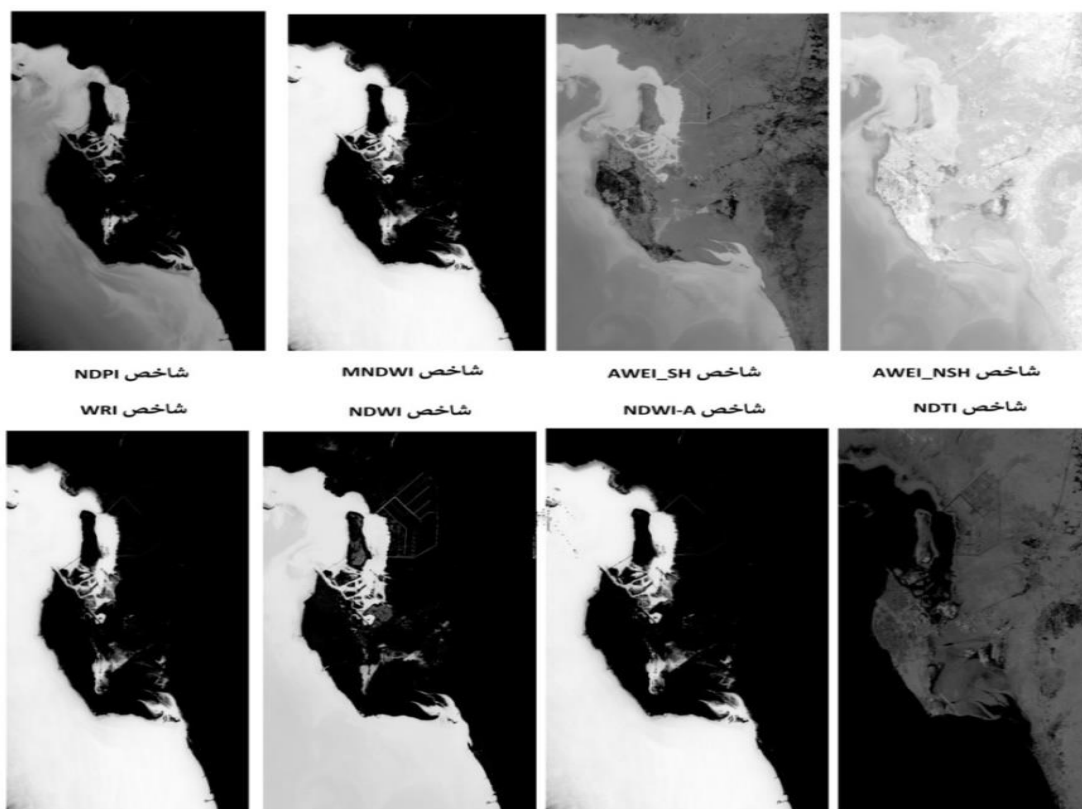
$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k x_{ii} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\bar{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+j})} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$



شکل ۳- شاخص‌های اجرا شده بر روی تصاویر لندست ۸

Fig. 3- The indicators applied on Landsat 8 images



شکل ۴- شاخص‌های اجرا شده بر روی تصاویر سنتینل ۲A

Fig. 4- The indicators applied on Sentinel 2A images

جدول ۳- ضریب کاپا و دقت کلی شاخص‌های اجرا شده بر روی تصاویر

Table 3- Kappa coefficient and overall accuracy of the indicators applied on the images

AWEI_SH		AWEI_NSH		MNDWI		WRI		شاخص
ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ماهواره
۹۱	۹۶	۸۵	۹۳	۹۷	۹۸	۵۵	۷۸	لندست ۸
۸۶	۹۴	۵۵	۷۷	۹۹	۹۹	۹۵	۹۸	سنتینل ۲A
NDWI-A		NDWI		NDTI		NDPI		شاخص
ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ضریب کاپا	دقت کلی	ماهواره
۹۱	۹۵	۹۳	۹۶	۷۹	۸۹	۹۵	۹۷	لندست ۸
۹۴	۹۷	۹۷	۹۸	۹۴	۹۷	۹۲	۹۶	سنتینل ۲A

۳. نتایج و بحث

صحت و دقت استخراج پهنه‌های آبی در مدیریت منابع آبی مانند: پایش منابع آب، کنترل و پایش تالاب‌ها، تغییرات خط ساحلی، بررسی نواحی آسیب پذیر، برآورد آسیب‌های ناشی از سیلاب‌ها و ... از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش دو هدف دنبال شد:

الف) اجرای شاخص‌های جداسازی آب از خشکی (استخراج پهنه‌های آبی)

ب) مقایسه شاخص‌های اجرا شده با استفاده از بررسی‌های آماری (دقت کلی و ضریب کاپا) و آنالیزهای بصری.

در این پژوهش جدیدترین تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲A مورد استفاده قرار گرفت. لندست ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای کاربر امکانی را فراهم می‌آورد تا بتواند پدیده‌ها و سایر عوارض را به خوبی تشخیص دهد. از طرف دیگر سنتینل ۲A به‌عنوان یکی از جدیدترین تصاویر ماهواره‌ای، با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا در مقایسه با دیگر تصاویر، امکان بارزسازی پدیده‌ها را به نحو بسیار خوبی فراهم می‌آورد. در این پژوهش پس از اعمال طبقه بندی نظارت نشده، دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید. در این تحقیق ۸ شاخص آبی بر روی تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل ۲A اجرا گردید. با در نظر گرفتن آستانه‌های مورد نظر تصاویر به دو کلاس آب و خشکی تفکیک طبقه بندی شدند. با توجه به شکل ۱ (محدوده مورد مطالعه در سواحل بوشهر)، محدوده آبی از غیرآبی تفکیک گردید که به لحاظ بصری قابل درک بود و شاخص‌های اعمال شده توانستند محدوده‌های آبی و غیرآبی را تفکیک نمایند. با این تفاوت که برخی شاخص‌های اعمال شده در نشان دادن جزئیات دارای توانایی بیشتری بودند. به‌عنوان مثال در شاخص‌های NDWI و MNDWI که در هر دو تصویر نتایج خوبی ارائه داد، استخراج‌های پرورش ماهی و میگو که در خشکی و با فاصله از ساحل قرار داشت، قابل رویت بودند؛ هر چند که بیشتر تفاوت‌ها به‌صورت بصری قابل تشخیص نبود. این مطلب بیانگر این است که اعمال شاخص‌ها و آستانه‌های طیفی نمی‌تواند معیاری برای مقایسه شاخص‌ها به صورت قطعی باشد. از طرف دیگر نتایج روش شناسی نشان می‌دهد که هیچ شاخص آبی نمی‌تواند سطوح آبی را از سطوح سایه و سطوحی که آلبیدوی پایینی دارند، جدا کند. در مورد شاخص‌های ذکر شده می‌توان گفت که شاخص NDWI برای مناطقی مناسب است که دارای پوشش گیاهی باشد. در صورتی که شاخص MNDWI در مناطقی با پوشش ساختمانی، زمین برهنه (بدون پوشش گیاهی) و یا مناطق شهری نتایج بهینه‌ای ارائه می‌دهد. از میان دو شاخص ذکر شده که دارای نتایج بهینه‌ای بودند، شاخص MNDWI در مقایسه با شاخص

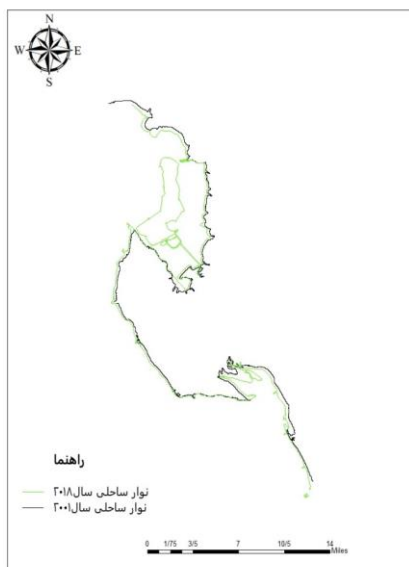
NDWI برای تشخیص آب در نواحی شهری نتایج بهتری ارائه داد. همچنین با توجه به اینکه محدوده مطالعاتی در سواحل شهر بوشهر قرار دارد، آستانه طیفی شاخص ذکر شده با نشان دادن جزئیات، بهترین نتیجه را در پی داشت. در محیط‌هایی، به‌ویژه سایه‌ها که سطوح غیر آب دارای بازتاب طیفی کمی هستند، روش‌های طبقه بندی ساده ممکن است پیکسل‌های آب را از پیکسل‌های غیر آب متمایز نکند (Verpoorter et al., 2012). در حقیقت استخراج پهنه‌های آبی در مناطقی که پوشش زمینی دارای آلبیدوی پایین است (مانند: ساختمان‌ها، آسفالت، سایه‌ها و ابرها) می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. در سنجش از دور روش‌های مختلفی جهت جداسازی پهنه‌های آبی وجود دارد که اثربخشی آن‌ها متفاوت است. به عبارتی دارای مزیت‌ها و ضعف‌هایی می‌باشند. به‌عنوان مثال استفاده از روش‌های تک بانده یا دوبانده برای استخراج پهنه‌های آبی کوچک مناسب نیست. در چنین شرایطی لازم است برای تعیین آستانه طیفی مناسب، آزمون‌های زیادی صورت گیرد. این مسئله بیانگر این است که شاخص‌هایی که از یک بانده یا دو بانده استفاده می‌کنند (مانند: شاخص‌های NDPI و NDTI)، ممکن است به‌طور دقیق در آن‌ها پیکسل‌های آب از غیرآب به‌خوبی تفکیک نشوند. به همین علت امروزه جهت بارزسازی پهنه‌های آبی از تکنیک‌های چند بانده و یا از شاخص‌های طیفی استفاده می‌کنند. همچنین وجود سایه‌ها در تصاویر به علت الگوی بازتابی مشابه با مناطق آبی ممکن است باعث طبقه بندی اشتباه این مناطق شود و این شباهت دقت استخراج پهنه‌های آبی را کاهش می‌دهد. به عبارتی نتایج حاصل از استخراج پهنه‌های آبی با توجه به پوشش خاص زمین یا پوشش‌های زمینی دارای آلبیدوی پایین (ساختمان‌ها، آسفالت و ...) می‌تواند نتایج متفاوتی را دربر داشته باشد. البته نتایج حاصل از پژوهش‌های کاربردی نشان می‌دهد که هیچ شاخص آبی به‌طور اتوماتیک قادر نیست سطوح آبی را از مناطق دارای سایه یا ابر و یا سطوح شهری به‌صورت کامل و دقیق جدا نماید.

با وجود به‌دست آمدن نتایج متفاوت از شاخص‌ها، تمامی آن‌ها توانستند خط ساحلی را بر روی تصاویر شناسایی و جدا کنند؛ هر چند که عملکرد آن‌ها متفاوت بود. در مورد تصاویر لندست ۸، بهترین شاخص‌ها به‌ترتیب عبارت بودند از: MNDWI (۹۸٪)، NDPI (۹۷٪)، NDWI (۹۶٪)، AWEL_SH (۹۶٪). بدترین آن‌ها شاخص WRI با دقت کلی ۷۸ درصد بود. در تصاویر لندست ۸ شاخص NDWI_A به نسبت شاخص‌های NDWI و MNDWI نتایج ضعیف‌تری ارائه داد. ارائه نتایج بهتر شاخص‌های ذکر شده در تصاویر لندست ۸ می‌تواند به‌علت جایگزینی بانده مادون قرمز کوتاه (SWIR) به جای بانده مادون قرمز نزدیک (NIR) باشد که در جذب بیشتر اثر آب موثرتر است و در نتیجه قادر است پهنه‌های آبی را بهتر

گردید محدوده مورد مطالعه چندان مرتفع نبود، در حالی که در مناطق کوهستانی به دلیل وجود عوامل توپوگرافیکی و عواملی مانند: سایه‌ها و سایه‌های ابر و ... می‌تواند در این زمینه مشکل ساز باشد. به‌طور کلی تصاویر سنتینل ۲A دارای دقت بالایی هستند. میزان دقت کلی در شاخص‌های اعمال شده بر روی تصاویر سنتینل ۲A به نسبت تصاویر لندست نتایج بهتری را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های ذکر شده به راحتی قادر به استخراج پهنه‌های آبی از تصاویر ماهواره‌ای هستند. به‌طور کلی در هر دو تصویر شاخص MNDWI جهت استخراج پهنه‌های آبی با استفاده از یک آستانه طیفی مناسب بهترین نتیجه را ارائه داد. در نهایت نتیجه‌ای که از این پژوهش حاصل شد این بود که علاوه بر نوع شاخص‌های استفاده شده، عوامل مختلفی در صحت و دقت کلی این پژوهش مرتبط بودند که می‌توان به مواردی اشاره کرد، از آن جمله: دقت در انجام مراحل پیش پردازش، تجربه و مهارت کاربر، شناخت کامل از محدوده مورد مطالعه، آشنایی با ساختارهای فیزیکی و مورفولوژیکی محدوده مورد مطالعه. خطوط ساحلی از جمله عوارض زمینی هستند که همواره در حال تغییر می‌باشند. این تغییرات ممکن است بر اثر عوامل طبیعی یا فعالیت‌های انسانی ایجاد شوند. تحلیل نتایج نشان داد طی بازه زمانی ۱۷ سال (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸) در بیشتر محدوده مطالعاتی پسروی یا به عبارتی رسوبگذاری رخ داده است (شکل ۵). بیشترین تاثیر را در این تغییرات عوامل انسانی داشته است. نواحی دارای بیشترین تغییرات در شکل ۶ مشخص شده است.

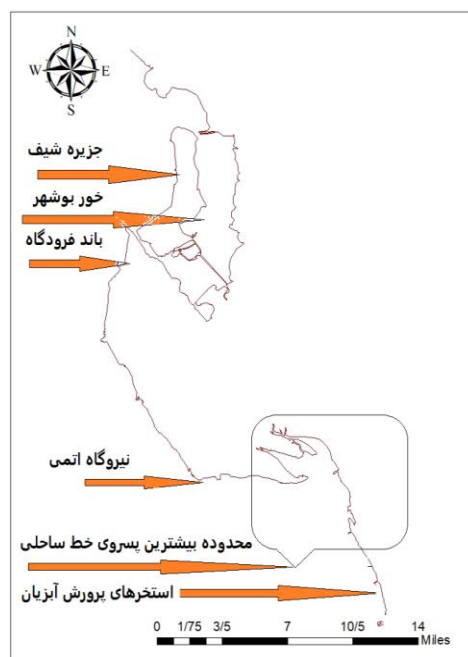
تشخیص دهد. نتایج نشان داد در تصاویر لندست ۸ شاخص‌های استخراج اتوماتیک آب (AWEI_NSH) و نسبت آب (WRI) به دلیل وجود سایه و ابر نمی‌توانند نتایج خوبی در بر داشته باشند. در مورد تصاویر سنتینل ۲A بهترین شاخص‌ها به ترتیب عبارت بودند از: MNDWI (۹۹٪)، NDWI (۹۸٪)، WRI (۹۸٪)، NDWI_A (۹۷٪) که دارای بالاترین صحت و دقت بودند و شاخص AWEI_NSH با دقت کلی ۷۷٪ و ضریب کاپا ۵۵٪/ضعیف‌ترین نتیجه را ارائه داد.

در مورد تصاویر سنتینل نیز می‌توان گفت عملکرد خوب شاخص های MNDWI و NDWI می‌تواند به علت جایگزینی باند مادون قرمز کوتاه (SWIR) به جای باند مادون قرمز نزدیک (NIR) باشد که اثر بهتری در بازتاب پدیده‌های آبی دارد. هر دو شاخص ذکر شده به دلیل جذب باند مادون قرمز حرارتی توسط آب دارای بهترین عملکرد بودند. به‌طور کلی نتایج حاصل از اعمال شاخص‌ها جهت استخراج پهنه‌های آبی بر روی تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲A جهت استخراج پهنه‌های آبی موفقیت آمیز بود ولی این اجرا در بعضی از شاخص‌ها به لحاظ حذف بسیاری از اطلاعات، کارآمد نبوده است. حتی بعضی از آنها قادر به شناسایی پدیده‌های آبی کوچک مانند خورها و استخرهای پرورش ماهی و میگو نشدند. از طریق بررسی صحت سنجی آنها می‌توانیم متوجه شویم که به عنوان مثال در قسمت‌هایی از مناطق شهری در بعضی تاسیسات مانند: اسکله و یا نواحی صنعتی، بعضی پیکسل‌ها به اشتباه طبقه بندی شده‌اند. همانطور که قبلاً نیز ذکر



شکل ۵- مقایسه خطوط ساحلی سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۰۱

Fig. 5- Comparison of coastlines in 2001-2018



شکل ۶- نواحی دارای بیشترین تغییرات

Fig. 6 - The areas with the most change

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت ارزیابی شاخص‌های آبی، هشت شاخص مورد استفاده قرار گرفت. با اجرای شاخص‌های آبی بر روی هر دو تصویر لندست ۸ و سنتینل ۲A، پهنه‌های آبی از محیط خشکی تفکیک شد. در تصاویر لندست ۸ شاخص MNDWI با دقت کلی ۹۸٪ و ضریب کاپا ۰/۹۷ دارای بهترین نتیجه بود و شاخص WRI با دقت کلی ۷۸٪ و ضریب کاپا ۰/۵۵ بدترین نتیجه را ارائه داد. در تصاویر سنتینل ۲A شاخص MNDWI با دقت کلی ۹۹٪ و ضریب کاپا ۰/۹۹ دارای بهترین نتیجه بود و شاخص AWEI_NSH با دقت ۷۷٪ و ضریب کاپا ۰/۵۵ بدترین نتیجه را ارائه داد. به‌طور کلی صحت و دقت تصاویر سنتینل ۲A در بیشتر شاخص‌ها از لندست ۸ بهتر بود که قدرت تفکیک مکانی بالاتر تصاویر سنتینل می‌تواند دلیلی بر ارائه نتایج بهتر باشد. برای هر دو تصویر نیز شاخص اصلاح شده اختلاف آب نرمال شده (MNDWI) به‌عنوان بهترین شاخص شناخته شد که توانست پدیده‌های آبی را از سایر پدیده‌ها به‌خوبی تشخیص دهد؛ هر چند در شاخص ذکر شده به‌واسطه ترکیب باندهای مختلف، نتایج متفاوتی می‌تواند ارائه شود. در تحقیقاتی مشابه که توسط Sarp و Ozcelik (2017) انجام گرفت، با استفاده از اعمال شاخص‌ها و روش طبقه‌بندی SVM بر روی تصاویر TM و ETM شاخص

MNDWI بهترین نتیجه را ارائه داد. در پژوهشی دیگر که توسط Kwang et al. (2017) صورت گرفت، با استفاده از شاخص‌های آبی بر روی تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ دریافتند که تصاویر سنتینل ۲ جهت بارزسازی آب نتایج بهتری ارائه می‌دهد. نتایج نشان داد که در شاخص MNDWI به‌عنوان بهترین شاخص، SWIR محاسبه شده در دامنه طول موج ۱/۳ تا ۱/۶ نانومتر دارای بهترین آستانه (برای تصاویر سنتینل ۲A) می‌باشد. این شاخص به‌خوبی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص کلی جهت بارزسازی پهنه‌های آبی در هر دو تصویر لندست ۸ و سنتینل ۲A مورد استفاده قرار گیرد. در هر دو تصویر لندست ۸ و سنتینل ۲A شاخص استخراج اتوماتیک آب (AWEI_NSH) بدترین نتیجه را ارائه داد که در این شاخص به‌علت بازتاب بالای پدیده‌هایی مانند: سنگ، شن وجود سایه و ابر با گذاشتن اثرات منفی بر روی شاخص ذکر شده، با پدیده‌های آبی اشتباه گرفته می‌شود. از طرف دیگر این شاخص نشان داد که برای آشکارسازی آب‌های کم‌عرض یا کم‌پهن (مانند خورها) نتایج ضعیفی ارائه می‌دهند. به‌طور کلی می‌توان گفت که دقت کلی بدست آمده در بیشتر شاخص‌های اعمال شده مقادیر قابل اعتمادی را نشان می‌دهد که گواهی بر انتخاب مطلوب آستانه‌ها در این شاخص‌ها می‌باشد. در پایان قابل ذکر است که عملکرد شاخص‌ها بر روی تصاویر مختلف می‌تواند

رسوبگذاری در این ساحل باعث شده کانال و مصب بیشتر خورها دچار جابجایی و تغییر در عرض و پهنا شوند. لذا پیشنهاد می‌شود با مدیریت فرایند رسوبگذاری از بروز مشکلات جلوگیری کرده و از پتانسیل ایجاد شده در افزایش سطح سرزمینی استفاده و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها بعمل آید.

References:

- Alavipanah, S.K., 2004. Application of remote sensing in the earth sciences (soil). *University of Tehran Press. Tehran, Iran.* (In Persian)
- Asghari Sarskanrood, S. and Poorahmed, M., 2016. Detection and Extraction of Changes in Zarineh Rud River's Variation between 1989 and 2014 via Remote Sensing Data. *Hydrogeomorphology*, 2(5), pp. 1-16. Dor: 20.1001.1.23833254.1394.2.5.1.6. (In Persian)
- Asghari Sarskanrood, S., Jalilyan, R., Pirozineghad, N., Madadi, A. and Yadeghari, M., 2020. Evaluation of Water Extraction Indices Using Landsat Satellite Images (Case Study: Gamasiab River of Kermanshah). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 20 (58), pp. 53-70. Doi: 10.29252/jgs.20.58.53. (In Persian).
- Du, Z., Linghu, B., 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), pp.063609-063609. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.6.063609>.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.
- Hashemi, S.N., Akbarinasab, M. and Safarrad, T., 2018. The Detection of the Plume of the Arvand River Using Satellite Images. *Hydrogeomorphology*, 4(13), pp.147-164.
- Jawak, S.D., Kulkarni, K. and Luis, A.J., 2015. A review on extraction of lakes from remotely sensed optical satellite data with a special focus on cryospheric lakes. *Advances in Remote Sensing*, 4(3), pp.196-213. DOI: 10.4236/ars.2015.43016.

نتایج متفاوتی داشته باشد و عملکرد ثابت آنها کاملاً اثبات نشده است. پایش سواحل بوشهر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ میلادی نشان می‌دهد که سواحل بوشهر در این مدت تغییرات زیادی متحمل شده است. همانطور که قبلاً بحث شد در سواحل بوشهر تغییرات بصورت پسروی خط ساحل بوده است و در واقع عدم تعادل بین فرایندهای فرسایش و

- Jensen, J.R., 2015. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (Pearson Series in Geographic Information Science. *Pearson, America.*
- Kaplan, G. and Avdan, U., 2017. Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), pp.137-143. <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1297540>.
- Kwang, C., Jnr, E.M.O. and Amoah, A.S., 2017. Comparing of landsat 8 and sentinel 2A using water extraction indexes over Volta River. *Journal of Geography and Geology*, 10(1), pp.1-7. <https://doi.org/10.5539/jgg.v10n1p1>.
- 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. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.
- McFeeters, S.K., 2013. Using the normalized difference water index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: a practical approach. *Remote Sensing*, 5(7), pp.3544-3561. <https://doi.org/10.3390/rs5073544>.
- Mobasheri, M., 2014. Principles of physics in remote sensing and satellite technology. *Khaje nasir university of technology publishers. Tehran, Iran.* (In Persian)
- Razmi, M., Mohammad Asgari, H., Dadollahi Sohrab, A., Nazemosadat, S.M.J. and Khazaei, S.H., 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*, 8(1), pp.52-65. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1396.8.1.4.7>. (In Persian).
- Razmi, M., Mohammad Asgari, H., Dadollahi-Sohrab, A., Nazemosadat, S.M.J. and Khazaei,

- S.H., 2018. Assessing changes shoreline in Dayyer city using the Landsat satellite data, sensor TM and OLI 1991 and 2014 years. *Journal of Marine Science and Technology*, 16(4), pp.1-12. <https://doi.org/10.22113/jmst.2016.32078>. (In Persian).
- Rogers, A.S. and Kearney, M.S., 2004. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), pp.2317-2335. <https://doi.org/10.1080/01431160310001618103>.
- Salmon, B.P., Kleynhans, W., Van den Bergh, F., Olivier, J.C., Grobler, T.L. and Wessels, K.J., 2013. Land cover change detection using the internal covariance matrix of the extended Kalman filter over multiple spectral bands. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 6(3), pp.1079-1085. DOI: 10.1109/JSTA RS.2013.2241023.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jtusc.2016.04.005>.
- Shen, L. and Li, C., 2010, June. Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using adaboost algorithm. In *2010 18th International Conference on Geoinformatics* (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567762.
- Verpoorter, C., Kutser, T. and Tranvik, L., 2012. Automated mapping of water bodies using Landsat multispectral data. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10(12), pp.1037-1050. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.1037>.
- 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. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>.
- Yang, X., Zhao, S., Qin, X., Zhao, N. and Liang, L., 2017. Mapping of urban surface water bodies from Sentinel-2 MSI imagery at 10 m resolution via NDWI-based image sharpening. *Remote Sensing*, 9(6), p.596. <https://doi.org/10.3390/rs9060596>.
- Zareei, A. and Emami, H., 2017. A New Model for Forecasting Recovery Period of the Urmia Lake Water Level and Assessment of Spatiotemporal Changes of its Stabilization Using Remote Sensing. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 7(2), pp. 201-214. URL: <http://jg.st.issgeac.ir/article-1-626-en.html>. (In Persian).
- Zarghami, M., 2011. Effective watershed management; case study of Urmia Lake, Iran. *Lake and Reservoir Management*, 27(1), pp.87-94. <https://doi.org/10.1080/074381412.010.541327>.