

ارزیابی صحت روش‌های سنجش از دور در استخراج و پایش تغییرات پهنه آبی دریاچه زریبار

کریم سلیمانی^{۱*}، شادمان درویشی^۲، فاطمه شکران^۳

۱. استاد، مرکز سنجش‌ازدور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. کارشناس ارشد، دانشکده علوم محیطی، مؤسسه آموزش عالی آبان هراز آمل

۳. استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۰/۰۱؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۱۱/۳۰؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۰۴/۲۲)

چکیده

منابع آب نقش بسیار مهمی در زندگی انسان، گیاهان و جانوران ایفا می‌کند. استخراج و تعیین میزان تغییرات نواحی آبی می‌تواند در پیش‌بینی بسیاری از مشکلات کارساز باشد. امروزه، روش‌ها و الگوریتم‌های زیادی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور برای پایش تغییرات آب معرفی شده است. بنابراین، بررسی صحت این روش‌ها بسیار لازم و ضروری است. در همین راستا، هدف مطالعه حاضر ارزیابی صحت روش‌های سنجش‌ازدور برای پایش آب دریاچه زریبار طی یک دوره ۳۳ ساله (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷) است. از این‌رو، بعد از تصحیحات تصاویر پهنه دریاچه زریبار با استفاده از الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فاصله ماهالانویی، ماشین بردار پشتیبان و شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI در محیط نرم‌افزارهای ENVI5.3 و ArcGIS10.4 استخراج شد و سپس، اعتبارسنجی روش‌ها با استفاده از نقاط کنترل زمینی انجام گرفت. مطابق نتایج به‌دست‌آمده تمامی روش‌ها از صحت کلی ۸۰ درصد برخوردار هستند، اما الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال با صحت کلی بیش از ۹۰ درصد صحت بیشتری دارند. همچنین، نتایج بررسی تغییرات آب دریاچه نشان می‌دهد طی دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ مساحت آب دریاچه بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال به ترتیب ۷۳۸/۴۶ هکتار (۴۶/۸۳ درصد) و ۶۱۳/۰۶ هکتار (۴۲/۴۵ درصد) کاهش یافته است. همچنین، در همین دوره بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم حداکثر احتمال به ترتیب ۴۷/۳۵ درصد و ۳۶/۲۲ درصد به مساحت نیزارهای سطح دریاچه افزوده شده است. با توجه به روند کاهشی آب دریاچه و به‌خصوص روند افزایشی نیزارهای سطح دریاچه لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای جلوگیری از هدررفت آب و از بین بردن نیزارها در این ناحیه بیش از پیش احساس می‌شود.

کلیدواژگان: تغییرات آب، شاخص‌های طیفی، الگوریتم‌های نظارت‌شده، لندست، دریاچه زریبار.

۱. مقدمه

منابع آب نقش مهمی در برنامه‌ریزی محیط زیست، بلاهای طبیعی، تولیدات صنعتی و کشاورزی و توسعه اقتصادی کشورها دارد. امروزه، افزایش سریع جمعیت، رشد بدون برنامه شهرنشینی، صنعت و تغییرات غیرمستقیم سیستم‌های آب‌وهوایی منجر به کاهش آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سدها شده است [۱-۳]. این رو نظارت دقیق بر آب‌های سطحی و ارائه اطلاعات مربوط به پویایی آب به منظور برنامه‌ریزی برای مصرف صحیح و جلوگیری از هدررفت منابع آبی از اهمیت بسزایی برخوردار است [۴ و ۵]. امروزه یکی از فناوری‌هایی که در بررسی و تحلیل تغییرات آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، تصاویر ماهواره‌ای است [۶ و ۷]. این داده‌ها به طور گسترده‌ای برای پایش تغییرات آب در سه دهه گذشته مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از داده‌های سنجش‌ازدوری که به طور گسترده برای پایش آب‌های سطحی مورد استفاده قرار گرفته، تصاویر Landsat است. این تصاویر به دلایل هزینه کم، قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب و پوشش گسترده برای پایش منابع آب در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته [۸-۱۰] و مطالعات زیادی با استفاده از این داده‌ها در سطح جهانی صورت گرفته است. ژئو [۱۱] در تحقیقی شاخص‌های MNDWI و NDWI را برای پایش منابع آب بررسی کرد. نتایج مطالعه یادشده نشان داد شاخص اصلاح‌شده NDWI که به اختصار MNDWI خوانده می‌شود، برای استخراج اطلاعات آب یک منطقه مؤثرتر از شاخص NDWI است. گوتام^۲ و همکاران [۱۲] به ارزیابی دینامیک آب سطحی در شهر Bangalore با استفاده از شاخص‌های WRI، MNDWI، NDWI و طبقه‌بندی نظارت‌شده از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد تغییر قابل توجهی در سطح آب شهر Bangalore طی دوره ۱۲ ساله اتفاق افتاده است. ژانر^۳ و همکاران [۱۳] در تحقیقی آستانه‌های پویا برای پایش تغییرات آب‌های بزرگ در شاخص‌های آب با استفاده از تصاویر لندست ۸ را بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد می‌توان به راحتی از روش MHBم برای محاسبه

آستانه آب در شاخص‌های طیفی آب استفاده کرد و به طور خودکار توزیع فضایی آب‌های بزرگ را استخراج کرد. السحابی^۴ و همکاران [۱۴] در مطالعه‌ای به ارزیابی عملکرد روش‌های استخراج آب سطحی دریاچه سد Aswan در کشور مصر با استفاده از داده‌های ETM+ پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان‌دهنده اثربخشی تکنیک بدون نظارت با صحت کلی ۹۹/۹۱ درصد است. همچنین، این نویسندگان توصیه می‌کنند که از این تکنیک در منطقه‌ای با شرایط مشابه به منظور استخراج آب‌های سطحی استفاده شود. مانجولا^۵ و همکاران [۱۵] در تحقیقی پهنه آب را با استفاده از تصاویر Sentinel-1 استخراج کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد تصاویر Sentinel-1 کاربرد مؤثری برای استخراج پهنه‌های آب دارند. سربان^۶ و همکاران [۱۶] در مطالعه‌ای تغییرات آب سطحی رودخانه Nuntasi-Tuzla در رومانی را با استفاده از شاخص‌های طیفی بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد شاخص‌های NDVI، MNDWI، WRI می‌تواند عوارض سطح آب و پهنه آب را از تصاویر سنجش‌ازدور با صحت بالا استخراج کند. ریازخان^۷ [۱۷] در پژوهشی نوسانات سطح رودخانه Haramaya را با استفاده از شاخص‌های MNDWI و NDWI از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ بررسی کردند. نتایج مطالعه یادشده نشان داد بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ حدود ۲/۳۲۳۸ کیلومتر مربع از سطح رودخانه خشک شده اما از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ وسعت رودخانه حدود ۲/۶۹۴۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است. لی^۸ و همکاران [۱۸] در تحقیقی با استفاده از یک روش جدید پهنه آب‌های سطحی را از تصاویر لندست-۸ استخراج کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد نتایج صحت کلی روش جدید MEDPSO که برای شش ناحیه بررسی شد، ۹۷/۴ درصد بود که از صحت شاخص MNDWI بالاتر بود. رسولی و همکاران [۱۹] در تحقیقی به پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر چندزمانه پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان‌دهنده تغییرات چشمگیر فصلی در پارامترهای هندسی به‌ویژه طی دهه گذشته است و ظهور چنین نوسان‌های

4. Elshahabi

5. Manjula

6. Şerban

7. Riyaz Khan

8. Li

1. Xu

2. Gautam

3. Zhang

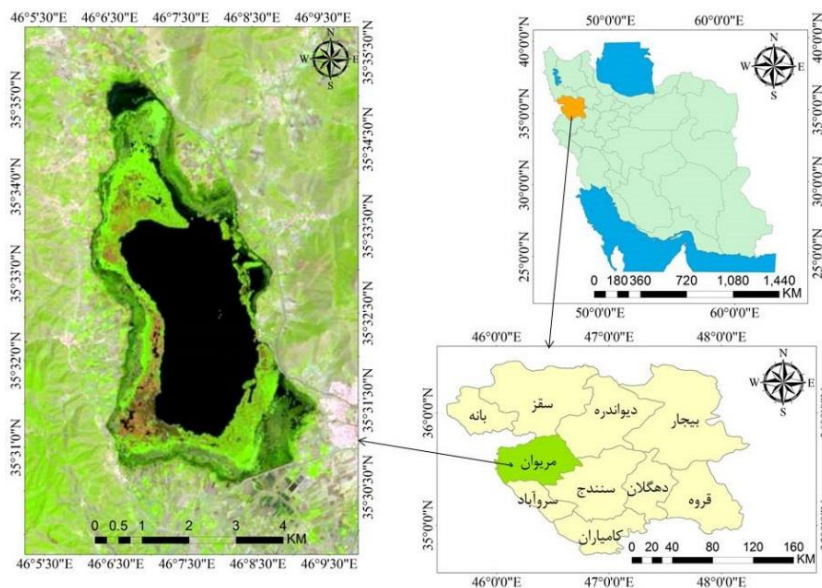
این ناحیه لازم و ضروری است. با توجه به کثرت و تنوع روش‌های سنجش‌ازدوری برای استخراج و پایش تغییرات پهنه‌های آب سطحی، در مطالعه حاضر صحت تعدادی از پرکاربردترین روش‌های سنجش‌ازدوری (الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فاصله ماهالانوبی، ماشین بردار پشتیبان و شاخص‌های MNDWI، NDWI و AWEI) برای پایش تغییرات پهنه‌های آب دریاچه زریبار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و در ادامه تغییرات آب دریاچه زریبار با استفاده از روش‌هایی که بالاترین صحت کلی را داشته‌اند، طی یک دوره ۳۳ ساله (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷) بررسی و ارزیابی شد. بدیهی است نتایج این مطالعه گامی مهم در جهت آگاهی از روند تغییرات آب دریاچه زریبار برای برنامه‌ریزی‌های آینده محسوب می‌شود و همچنین، معرفی روش‌های مناسب برای استخراج و پایش تغییرات پهنه‌های آب سطحی می‌تواند برای مطالعات منابع آب بسیار حائز اهمیت باشد.

۲. مواد و روش

۲.۱. منطقه مطالعه شده

دریاچه زریبار در فاصله ۳ کیلومتری غرب شهر مریوان، در استان کردستان قرار دارد این دریاچه در طول جغرافیایی "۳۸' ۰۷" ۴۶° شرقی و عرض جغرافیایی "۳۴' ۳۵" ۳۲° شمالی و در ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا واقع شده است. طول دریاچه زریبار حدود ۵ کیلومتر و عرض آن حدود ۱/۶ کیلومتر است. وسعت دریاچه به دلیل تغییرات حجم آبی در فصول مختلف متغیر و حداکثر عمق آن ۵/۵ متر است. حجم تقریبی آب دریاچه حدود ۳۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است. محیط آن حدود ۵/۲۲ کیلومتر و رطوبت نسبی برابر ۵۸/۴ درصد و متوسط تبخیر سالیانه معادل ۱۹۰۰ میلی‌متر گزارش شده است [۲۴]. دریاچه زریبار از زیرحوضه سیروان و سیستم هیدرولوژیکی آن شامل رودخانه‌های فصلی است. طی چند سال اخیر، بنا به دلایل مختلفی از جمله رشد شاخص‌های اقتصادی، جمعیت و ورود رسوبات، آب سطح دریاچه دچار مشکلات زیست‌محیطی و تغییرات کمی و کیفی شده است. از این‌رو لزوم بررسی و پایش تغییرات آب سطح دریاچه برای برنامه‌ریزی مناسب به منظور کاهش مشکلات دریاچه و جلوگیری از هدررفت آب لازم و ضروری است.

معناداری باعث کاهش ۲۳ درصدی از سطوح آب دریاچه طی دوره مورد مطالعه شده است. عابدینی و همکاران [۲۰] در تحقیقی روند تغییرات آب دریاچه زریبار را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده آشکارسازی تغییرات در سه دوره زمانی ۱۳۳۵، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ بیانگر کاهش دریاچه از ۱۲۹۷ هکتار در سال ۱۳۳۵ شمسی به ۸۸۲ هکتار در سال ۱۳۹۲ میلادی است. خسروی و همکاران [۲۱] به بررسی تغییرات آب دریاچه پربشان با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد شاخص NDMI ناتوان از استخراج سطح آب دریاچه پربشان بود (با کمترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا)، شاخص NDMI به دلیل حساسیت بیش از حد به مناطق آبی، زمین‌های مرطوب کشاورزی را هم جزء محدوده دریاچه به حساب آورده بود. در حالی که شاخص NDWI و شاخص NDVI بالاترین نتایج صحت ارائه شده است. دسترنج و همکاران [۲۲] در تحقیقی تغییرات حجمی و سطحی آب دریاچه ارومیه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد مساحت دریاچه ارومیه از ۵۳۶۶ کیلومترمربع در سال ۱۹۷۶ به ۶۳۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۵ رسیده، یعنی حدود یک‌هشتم شده است و با افزایش در سال ۲۰۱۶ به ۲۳۸۳ کیلومترمربع رسیده است. تراز آب دریاچه نیز از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ حدود ۴ متر کاهش و در سال ۲۰۱۶ به میزان ۰/۵ متر افزایش یافته است. حجاربان و همکاران [۲۳] در تحقیقی تغییرات فصلی تالاب میقان را با استفاده از تصاویر رادار، حرارتی و اپتیک بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان تغییر شدید پهنه آبی را در فصل‌های مختلف (بیشترین و کمترین مساحت تالاب به ترتیب ۶۱/۱۸ و ۱۹/۲۵ کیلومترمربع) نشان می‌دهد. در ماه‌های گرم سال، مساحت پهنه آبی تالاب حاصل از طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و اعمال شاخص MNDWI با هم تطابق دارند که نشان‌دهنده کارایی مناسب این شاخص طیفی است. با توجه به آنچه بیان شد و نظر به موقعیت و اهمیت دریاچه زریبار به عنوان یک میراث طبیعی با جاذبه‌های توریستی خاص خود که در شهرستان مریوان واقع شده است، پایش تغییرات سطح آب دریاچه به منظور برنامه‌ریزی صحیح برای جلوگیری از هدررفت آب



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دریاچه زربار در استان کردستان و شهرستان مریوان

تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری ابتدا تصاویر به رادیانس تبدیل شدند. سپس، با استفاده از الگوریتم FLAASH^۲ پیش پردازش های تصاویر در محیط نرم افزار ENVI5.3 انجام شدند [۳۰]. بعد از پیش پردازش تصاویر به منظور اعمال طبقه بندی تصاویر، نقاط تعلیمی با رعایت همپوشانی در سرتاسر منطقه و با استفاده از نقشه کاربری اراضی شهرستان مریوان و تصاویر گوگل ارث جمع آوری شد و تصاویر در محیط نرم افزار ENVI5.3 به دو کلاس پهنه های آب و بدون آب طبقه بندی شدند. سپس، با استفاده از نقاط کنترل زمینی صحت کلی، صحت کاربری، صحت تولیدکننده و ضرایب کاپای هر یک از این روش ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و در ادامه با استفاده از نتایج اعتبارسنجی روش یا روش های با صحت بالا برای استخراج پهنه آب دریاچه زربار معرفی شدند و در ادامه تغییرات آب دریاچه بر اساس روش هایی که بالاترین صحت کلی را داشتند، بررسی شد.

۲.۳.۱. الگوریتم حداکثر احتمال^۲

طبقه بندی حداکثر احتمال از معروفترین روش های آماری طبقه بندی است. بر اساس این روش، کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می شود که احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد [۳۱]. طبقه بندی بیشترین شباهت با

۲.۲. داده های مورد استفاده و تصحیحات لازم

در این مطالعه از تصاویر لندست مربوط به سال های ۱۹۸۴، ۱۹۹۸، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ استفاده شد. همچنین از تصاویر گوگل ارث، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه های کاربری اراضی و نقاط کنترل زمینی (گردآوری شده با استفاده از GPS) استفاده شد.

۲.۳. روش شناسی

در این پژوهش به منظور ارزیابی صحت روش های استخراج آب از الگوریتم های حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فاصله ماهالانویی و ماشین بردار پشتیبان و شاخص های MNDWI، NDWI و AWEI استفاده شد. این روش ها پرکاربردترین و پراستفاده ترین روش های استخراج پهنه های آب هستند و در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته اند [۲۸-۲۵]. به این منظور، ابتدا تصحیحات هندسی تصاویر با استفاده از نقشه توپوگرافی شهرستان مریوان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ در محیط نرم افزار ArcGIS10.4 با خطای میانگین مربعات^۱ کمتر از ۰/۷ (برای تصاویر سال های ۱۹۸۴ و ۲۰۰۷)، کمتر از ۰/۵ (برای تصاویر ۱۹۹۸) و کمتر از ۰/۳ پیکسل (برای تصاویر ۲۰۱۷) انجام گرفت و مختصات تصاویر به مختصات واقعی زمینی (WGS_1984_UTM_Zone_38N) تبدیل شدند [۲۹]. بعد از تصحیحات هندسی به منظور انجام

2. Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH) algorithm
3. Maximum likelihood algorithm

1. Root Mean Square Error

منابع آبی دارای جذب قوی و تابش کم در محدوده طول موج‌های مرئی و مادون قرمز هستند. در این شاخص نواحی آبی دارای ارزش‌های مثبت است [۳۵ و ۳۶]

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (1)$$

در رابطه ۱، NDWI شاخص نرمال‌شده تفاضل آب، GREEN، باند سبز (باند ۲ در تصاویر سنجنده TM و ETM+ و باند ۳ در تصاویر سنجنده TIRS/OLI) و NIR باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴ در تصاویر سنجنده TM و ETM+ و باند ۵ در تصاویر سنجنده TIRS/OLI).

۲.۳.۶. شاخص MNDWI^۶

شاخص MNDWI در واقع حالت اصلاح‌شده شاخص NDWI است. این شاخص از ترکیب باندهای سبز و مادون قرمز نزدیک با طول موج کوتاه (SWIR) به دست می‌آید. در این شاخص نواحی آبی دارای ارزش‌های مثبت است [۱۱].

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad (2)$$

در رابطه ۲، MNDWI شاخص تفاضل نرمال‌شده تفاضل اصلاح‌شده آب و SWIR نیز باند مادون قرمز با طول موج کوتاه است (باند ۵ در تصاویر سنجنده TM و ETM+ و باند ۶ در تصاویر سنجنده TIRS/OLI).

۲.۳.۷. شاخص AWEI^۷

شاخص خودکار استخراج آب از ترکیب باندهای سبز و مادون قرمز با طول موج کوتاه حاصل می‌شود. در این شاخص ارزش‌های مثبت نواحی آبی را نشان می‌دهد [۳۷].

$$AWEI = 4 \times (GREEN - MIR) - (0.25 \times NIR + 2.75 \times SWIR) \quad (3)$$

در رابطه ۳، MIR باند مادون قرمز میانی که در تصاویر لندست ۵ و ۷ در محدوده ۱/۵۵ - ۱/۵۷ و در تصاویر لندست ۸ در محدوده ۱/۵۷ - ۱/۶۵ است و SWIR باند مادون قرمز با طول موج کوتاه است که در تصاویر لندست ۵، ۷ و ۸ به ترتیب در محدوده‌های ۲/۰۸ - ۲/۳۵ و ۲/۱۱ - ۲/۲۹ است. درخور یادآوری است ارزش شاخص‌های MNDWI، NDWI و AWEI بین -۱ و +۱ است. ارزش‌های نزدیک به +۱

استفاده از فرمول توزیع نرمال چندبعدی، سطوح تصمیم‌گیری را به شکل کوادرتیک^۱ تشکیل می‌دهد که در نتیجه این سطح شکل سهمی، بیضوی و دایره‌ای خواهند داشت [۳۲].

۲.۳.۲. الگوریتم حداقل فاصله^۲

روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین، روشی است که پس از تعیین مقادیر میانگین طیفی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های تعلیمی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه‌بندی نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه می‌شود و سپس پیکسل مورد نظر به کلاسی اختصاص می‌یابد که کمترین فاصله با میانگین را دارد [۳۳].

۲.۳.۳. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان^۳

این روش به طور مستقیم از طریق یک فرایند بهینه‌سازی به ایجاد سطح جداکننده بین کلاس‌های طیفی می‌پردازد. این سطح جداکننده با مرز بین کلاس‌ها، با استفاده از داده‌های آموزشی محدودی که نزدیک‌ترین فاصله تا یک جداکننده را دارند و به بردارهای پشتیبان معروف هستند، مشخص می‌شود. در اصل، روش SVM برای تشخیص متون موجود در تصاویر (تبدیل اسناد موجود به متن کامپیوتری)، تشخیص رقومی درست نوشته و شناسایی صورت به کار برده شده است [۳۴].

۲.۳.۴. الگوریتم فاصله ماهالانویی^۴

روش طبقه‌بندی فاصله ماهالانویی از دیگر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر است. این روش بسیار شبیه به روش حداقل فاصله از میانگین است. با این تفاوت که در این روش از ماتریس کواریانس نیز استفاده می‌شود و در این روش فرض می‌شود که هیستوگرام باندها به صورت نرمال است [۳۳].

۲.۳.۵. شاخص NDWI^۵

شاخص NDWI یک شاخص ماهواره‌ای است که از باندهای سبز (Green) و مادون قرمز نزدیک (NIR) استخراج می‌شود. این شاخص برای استخراج نقشه آب مناسب است.

6. Modified Normalized Difference Water Index
7. Automated Water Extraction Index

1. Quadratic
2. Minimum distance algorithm
3. Support vector machine (SVM)
4. Mahalanobis distance algorithm
5. Normalized Difference Water Index

۳. یافته‌ها

۱.۳. بررسی صحت کلی روش‌ها

بعد از استخراج پهنه آب دریاچه زریبار از تصاویر لندست ابتدا با اعمال روش آستانه‌گذاری پهنه آب دریاچه زریبار از شاخص‌های MNDWI، NDWI و AWEI [۶، ۸ و ۴۳] استخراج شدند (جدول ۱). سپس، نقشه‌های پهنه آب استخراج‌شده از شاخص‌های MNDWI، NDWI، AWEI و الگوریتم‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله، فاصله ماهالانویی و ماشین بردار پشتیبان با استفاده از نقاط کنترل زمینی مورد بررسی قرار گرفت. مطابق بررسی انجام‌شده، تمامی روش‌های استفاده‌شده در این مطالعه با صحت کلی و ضرایب کاپای بیش از ۸۰ درصد از صحت مناسبی برای استخراج پهنه آب از تصاویر ماهواره‌ای برخوردارند، اما با توجه به صحت به‌دست‌آمده در الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال نسبت به روش‌های دیگر می‌توان گفت این روش‌ها بیش از ۸۵ درصد از صحت بهتری برخوردارند (جدول ۲).

نشان‌دهنده پهنه‌های آبی و ارزش‌های نزدیک به ۱- نشان‌دهنده نواحی بدون آب است [۳۸].

۲.۳.۸. بررسی صحت کلی روش‌ها

در این مطالعه بررسی صحت کلی و ضرایب کاپای الگوریتم‌ها و شاخص‌های استخراج پهنه آب دریاچه زریبار از داده‌های کنترل زمینی استفاده شد و با استفاده از روابط ۴ و ۵ صحت این روش‌ها مورد بررسی قرار گرفت [۳۹ و ۴۰].

$$OA = \frac{1}{N \left(\sum P_{ij} \right)} \tag{۴}$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ji} - \sum_{i=1}^r (X_i + X + i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_i + X + j)} \tag{۵}$$

در رابطه ۴، OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌ها و $\sum P_{ij}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده و در رابطه ۵، r تعداد سطرها و ستون‌ها در ماتریس ابهام، X_{ij} ماتریس ابهام، $X_i + i$ به ترتیب مجموع کل سطر i و ستون j و N تعداد کل پیکسل‌ها است [۴۱ و ۴۲].



شکل ۲. فلوچارت روش تحقیق

جدول ۱. آستانه‌گذاری شاخص‌های آب

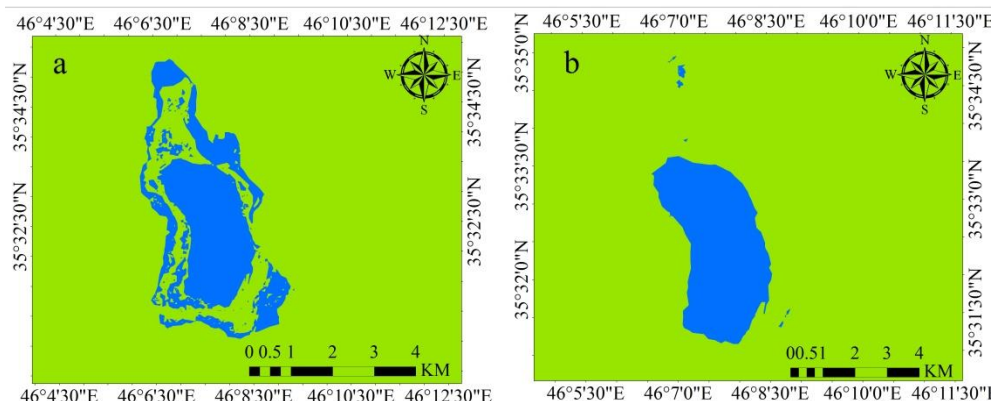
MNDWI	NDWI	AWEI	شاخص
۰,۲۷۰	۰,۱۵۳	۰,۰۰۰	آستانه

جدول ۲. گزارش صحت کلی، صحت کاربر، صحت تولیدکننده و ضریب کاپا (درصد)

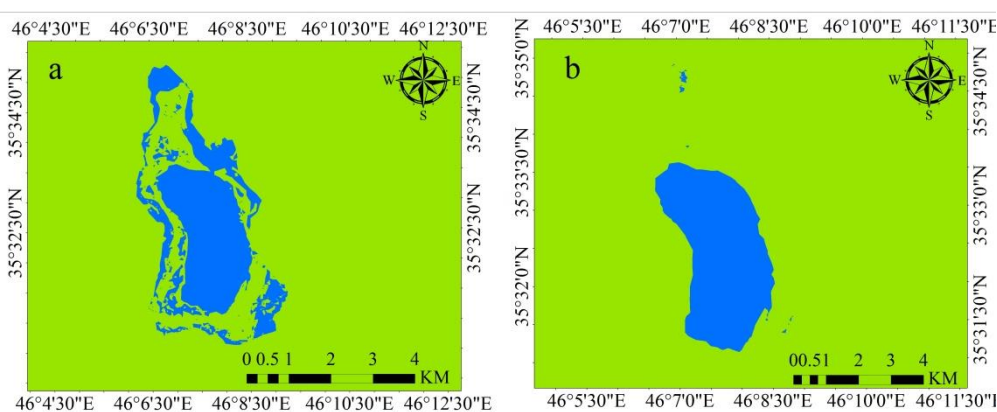
ضریب کاپا	صحت تولیدکننده		صحت کاربر		صحت کلی	سال	روش
	بدون آب	آب	بدون آب	آب			
۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۹	۸۳	۱۹۸۴	الگوریتم فاصله‌ ماهالانویی
۷۸	۷۵	۸۷	۹۰	۷۰	۸۰	۱۹۹۸	
۸۱	۸۰	۹۰	۹۲	۷۵	۸۴	۲۰۰۷	
۸۱	۸۵	۹۰	۹۷	۸۶	۸۴	۲۰۱۷	
۸۱	۸۰	۹۰	۹۰	۷۸	۸۴	۱۹۸۴	الگوریتم حداقل فاصله
۷۹	۷۵	۸۰	۸۵	۷۵	۸۲	۱۹۹۸	
۸۲	۸۰	۹۰	۹۵	۸۰	۸۶	۲۰۰۷	
۸۳	۸۰	۹۰	۹۱	۸۱	۸۶	۲۰۱۷	
۸۹	۹۰	۹۲	۹۰	۹۲	۹۲	۱۹۸۴	الگوریتم حداکثر احتمال
۹۱	۹۶	۹۹	۹۹	۹۶	۹۳	۱۹۹۸	
۸۹	۹۲	۹۲	۹۲	۱۰۰	۹۱	۲۰۰۷	
۹۲	۸۶	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	۹۵	۲۰۱۷	
۸۹	۹۵	۹۰	۸۸	۸۶	۹۲	۱۹۸۴	الگوریتم ماشین بردار پشتیبان
۹۲	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۵	۱۹۹۸	
۹۳	۹۲	۱۰۰	۱۰۰	۹۱	۹۶	۲۰۰۷	
۹۱	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۹۴	۲۰۱۷	
۸۴	۸۲	۹۵	۸۱	۸۷	۸۷	۱۹۸۴	AWEI
۸۰	۸۲	۸۷	۸۷	۷۸	۸۳	۱۹۹۸	
۸۱	۷۶	۹۰	۹۰	۷۸	۸۴	۲۰۰۷	
۸۴	۸۲	۸۶	۸۸	۷۹	۸۷	۲۰۱۷	
۸۳	۷۸	۹۳	۸۴	۸۲	۸۶	۱۹۸۴	NDWI
۸۱	۸۱	۸۸	۹۰	۸۰	۸۵	۱۹۹۸	
۸۳	۷۵	۱۰۰	۶۹	۸۱	۸۷	۲۰۰۷	
۸۵	۸۵	۹۳	۹۶	۷۳	۸۸	۲۰۱۷	
۸۷	۹۵	۸۸	۹۶	۸۲	۹۰	۱۹۸۴	MNDWI
۸۹	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۹	۹۲	۱۹۹۸	
۹۰	۱۰۰	۹۴	۸۸	۹۵	۹۲	۲۰۰۷	
۸۷	۸۵	۹۵	۹۲	۸۷	۹۰	۲۰۱۷	

AWEI و MNDWI این اراضی در کلاس پهنه‌های آب طبقه‌بندی شده‌اند و این مسئله برتری الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال نسبت به روش‌های دیگر برای استخراج پهنه‌های آب محسوب می‌شود. همچنین، بررسی صحت شاخص‌های MNDWI، NDWI و AWEI نیز نشان داد شاخص MNDWI نسبت به شاخص‌های NDWI و AWEI از صحت بالاتری برخوردار است. به بیان دیگر، پهنه‌آب دریاچه زریبار در محدوده‌های باند سبز (محدوده طیفی ۰/۵۰ تا ۰/۶۰ میلی‌متر) و باند مادون قرمز نزدیک (۱/۵۵ تا ۱/۷۰ میلی‌متر) در شاخص MNDWI بهتر استخراج می‌کند.

در الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده به دلیل استفاده از مجموعه باندها و همچنین، امکان نظارت مستقیم کاربر بر کاربری‌های اراضی نسبت به شاخص‌های طیفی ابزار بهتری برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و استخراج پهنه‌های آب محسوب می‌شوند و این مسئله در الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در مقایسه با الگوریتم‌های حداقل فاصله و فاصله‌ ماهالانویی به‌وضوح دیده می‌شود. در الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال زمین‌های کشاورزی و اراضی مرطوب اطراف دریاچه زریبار در کلاس غیر آب طبقه‌بندی شده‌اند، در صورتی که در الگوریتم‌های حداقل فاصله و فاصله‌ ماهالانویی و همچنین شاخص‌های NDWI،



شکل ۳. نقشه آب دریاچه زربار بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان در سال‌های ۱۹۸۴ (a) و ۲۰۱۷ (b)

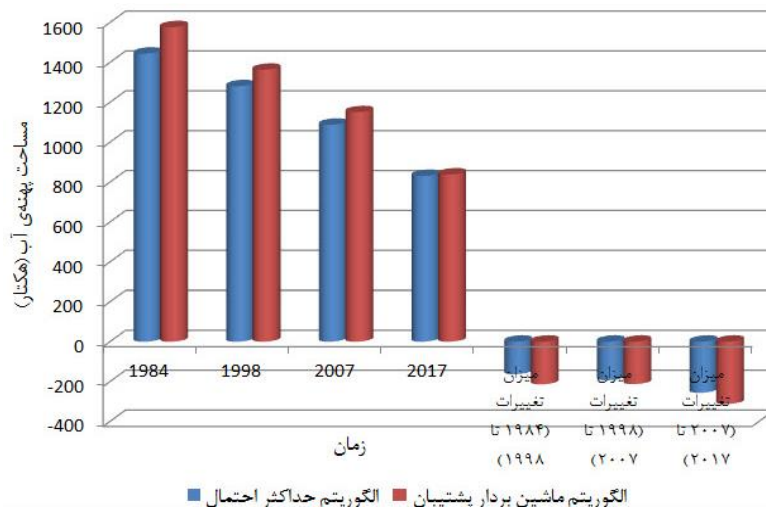


شکل ۴. نقشه آب دریاچه زربار بر اساس الگوریتم‌های حداکثر احتمال در سال‌های ۱۹۸۴ (a) و ۲۰۱۷ (b)

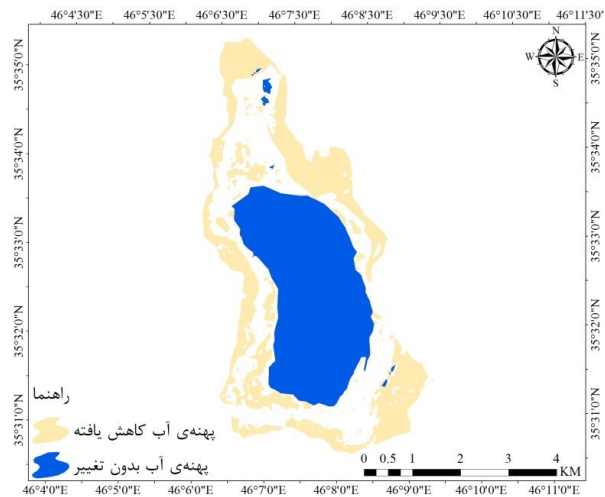
طوری که از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم حداکثر احتمال به ترتیب ۴۷/۳۵ درصد و ۳۶/۲۲ درصد افزایش یافته است. افزایش نیزارهای سطح دریاچه علاوه بر تغییرات آب موجبات آلودگی زیست‌محیطی این ناحیه را فراهم آورده است، چراکه رشد نیزارها در سطح آب، دریاچه را به یک باتلاق تبدیل کرده است. با توجه ماهیت شیرین بودن آب دریاچه زربار که در واقع تغذیه آن از طریق تعدادی چشمه خودجوش در کف دریاچه و رودخانه‌های اطراف صورت می‌گیرد، ضرورت برنامه‌ریزی برای آب این ناحیه به شدت احساس می‌شود. رشد نیزارهای سطح آب هر ساله افزایش می‌یابد و برنامه‌ریزی برای از بین بردن نیزارهای این ناحیه لازم و ضروری است، چراکه در صورت عدم برنامه‌ریزی صحیح در سالان آینده نیزارها تمام سطح دریاچه را پر می‌کند و موجب از بین رفتن زیستگاه حیات وحش و بروز مشکلات برای ساکنان این ناحیه می‌شود.

۲.۳. پایش تغییرات آب دریاچه زربار

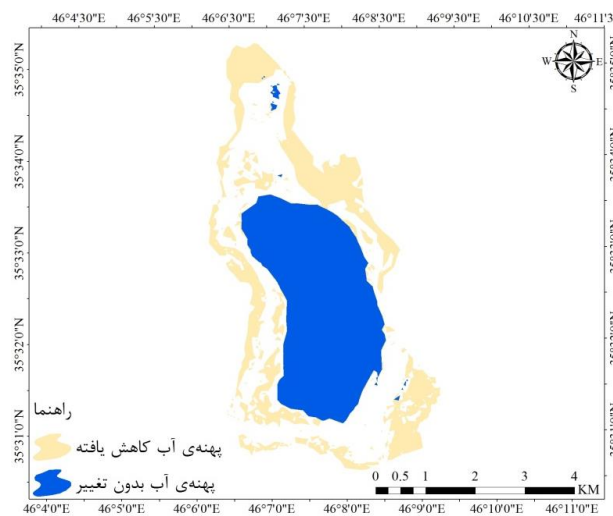
بررسی تغییرات آب دریاچه زربار بر اساس دقیق‌ترین روش‌ها (الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال) نشان می‌دهد پهنه آب دریاچه طی دوره ۳۳ ساله (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷) روند کاهشی داشته است (جدول ۳). میزان تغییرات کاهشی آب دریاچه در دوره ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۸ بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال به ترتیب ۲۴۱/۵۱ و ۱۶۳/۴۳ هکتار و در دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ این مقادیر به ترتیب ۲۱۲/۶۰ و ۱۹۳/۴۳ هکتار بوده است که روند کاهشی آب دریاچه در دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ بیشتر از دوره قبل بوده است. همچنین، مساحت آب دریاچه در دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ بر اساس الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال به ترتیب ۳۱۲/۲۳ و ۲۵۶/۴۹ هکتار کاهش داشته است (شکل ۵). هم‌زمان با تغییرات آب دریاچه، مساحت نیزارهای سطح آب روند افزایشی را نشان می‌دهد، به



شکل ۵. مساحت و تغییرات آب دریاچه زریبار (هکتار) طی دوره مورد مطالعه



شکل ۶. تغییرات آب دریاچه زریبار بر اساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷



شکل ۷. تغییرات آب دریاچه زریبار بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات آب سطح دریاچه زربار طی دوره ۳۳ ساله کاهش یافته است. این روند کاهش از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ یک روند با شیب تند را نشان می‌دهد. روند تغییرات آب دریاچه در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی رخ داده است، اما میزان این تغییرات در جهات شمالی و جنوبی بیشتر بوده است (شکل ۷). یکی از دلایل اصلی تغییرات کاهش شدید در جهات شمالی و جنوبی، هدررفت و مصرف آب در بخش کشاورزی است که این مسئله به دلیل عدم نظارت توسط سازمان‌های مربوط به آن صورت گرفته است. متأسفانه تا کنون برنامه‌ریزی صحیحی برای مصرف آب این دریاچه نه در سطح ملی و نه در سطح منطقه‌ای صورت نگرفته است. همچنین، علاوه بر تغییرات کاهش آب دریاچه بحث افزایش نيزارهای سطح آب این دریاچه از نکات مهم مورد بررسی است، چراکه مساحت این نيزارها یک روند افزایشی را طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد که این روند افزایشی با بررسی نقشه‌های آب دریاچه بیشتر در جهات شمال و جنوب دریاچه که بیشترین تغییرات کاهش آب را داشته‌اند، بوده است. بدیهی است این مسئله علاوه بر تغییرات سطح آب موجب از بین رفتن زیستگاه جانوری و به تبع آن، کاهش تنوع زیستی در این ناحیه می‌شود، چراکه افزایش نيزارها در سطح دریاچه موجب کاهش عمق و کیفیت آب و همچنین، افزایش آلودگی زیست‌محیطی شده است و این عوامل باعث شده که دریاچه به یک باتلاق آلوده تبدیل شود. از طرفی، فعالیت‌های کشاورزی شهر مریوان و تخلیه فاضلاب‌های روستاهای حاشیه دریاچه زربار مانند روستاهای نی، دره تفی، کانی سفید، ینگچه، پیرصفا، کانی سانان، کولان، سیف سفلی و برده رشه باعث هدررفت و آلودگی آب دریاچه شده است. بنابراین، برنامه‌ریزی در این ناحیه باید بر اساس از بین بردن نيزارهای سطح دریاچه، مدیریت مصرف آب دریاچه و جلوگیری از ورود فاضلاب‌های نواحی روستایی باشد. به طور کلی، بر اساس نتایج این مطالعه تغییرات کاهش آب دریاچه، افزایش نيزارهای سطح دریاچه و آلودگی‌های زیست‌محیطی آب دریاچه زربار از مسائل و مشکلات مهم این ناحیه محسوب می‌شوند که نیازمند برنامه‌ریزی و نظارت مستقیم و صحیح و فوری است. نتایج بررسی آب سطح دریاچه با استفاده از تصاویر و روش‌های

سنجش‌ازدوری با برخی از پژوهشی‌های مرتبط از جمله ژئو [۱۱]، گوتام و همکاران [۱۲]، سریان و همکاران [۱۶]، ریازخان [۱۷]، عابدینی و همکاران [۲۰]، خسرویان و همکاران [۲۱]، دسترنج و همکاران [۲۲] و حجاریان و همکاران [۲۳] مطابقت دارد و در این مطالعات نیز همانند مطالعه حاضر به اهمیت روش‌های سنجش‌ازدوری مانند شاخص‌های MNDWI، NDWI و AWEI و الگوریتم‌های نظارت‌شده به دلیل نظارت مستقیم کاربر در معرفی طبقات مختلف اراضی اشاره شده است. در بین الگوریتم‌های حداقل فاصله، فاصله ماهالانوبی، حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان بیشترین صحت کلی را داشتند. نتایج الگوریتم‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان از استخراج و پایش تغییرات پهنه آب دریاچه زربار گویای کاهش وسیع پهنه‌ها آب این دریاچه طی دوره ۳۳ ساله بود. عمده تغییرات آب دریاچه در بخش‌های شمال و جنوبی آن اتفاق افتاده است. این روند کاهش آب موجب رشد نيزارهای سطح دریاچه شده است، به طوری که این نيزارها طی دوره ۳۳ ساله رشد قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند. به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر بیانگر صحت بالای الگوریتم‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان در استخراج پهنه آب دریاچه زربار دارد و همچنین با توجه به روند کاهش آب دریاچه و به‌خصوص روند افزایشی نيزارهای سطح دریاچه لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای جلوگیری از هدررفت آب و از بین بردن نيزارها در این ناحیه بیش از پیش احساس می‌شود.

منابع

- [1]. Moradi M, Sahebi M, Shokri M. Modified optimization water index (MOWI) for landsat 8 OLI/TIRS. the International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences Tehran's Joint ISPRS Conferences of GI Research. 2017; 185-190.
- [2]. Brezonik P, Menken KD, Bauer M. Landsat based remote sensing of lake water quality characteristics, including chlorophyll and colored dissolved organic matter (CDOM). *Lake and Reservoir Management*. 2005; 21(4):373-382
- [3]. Prasad P R, Rajan K, Bhole V, Dutt C. Is rapid urbanization leading to loss of water bodies. *Journal of Spatial Science*. 2009; 2: 43-52.

- [4]. Giardino C, Bresciani M, Villa P, Martinelli, A. Application of remote sensing in water resource management: the case study of Lake Trasimeno, Italy. *Water Resources Management*. 2010; 24: 3885-3899.
- [5]. Ridd MK, Liu J. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment*. 1998; 63: 95-100
- [6]. Rokni R, Ahmad A, Selamat A, Hazini Sh. Water Feature Extraction and Change detection using Multi temporal Landsat Imagery. *journal of Remote Sensing*. 2014; 6: 4173-4189.
- [7]. Sharma RC, Tateishi R, Hara K, Viet Nguyen L. Developing Superfine Water Index (SWI) for global water cover mapping using MODIS data, *journal of Remote Sensing*. 2015; 7: 13807-13841.
- [8]. Shen L, Li C. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In *Proceedings of 18th International Conference on Geo informatics Beijing China*. 2010; 1:1-18.
- [9]. Tomar P, Singh SK, Kanga S, Pattanaik, A. Water Bodies mapping and monitoring using high-resolution satellite images, *Sustainability Agri Food Environmental Research*. 2021; 11(1): 1-18.
- [10]. Wang Y, Ruan R, She Y, Yan M. Extraction of water information based on RADARSAT SAR and Landsat ETM+. *Procedia Environmental Sciences*. 2011; 10: 2301-2306.
- [11]. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006; 27: 3025-3033.
- [12]. Gautam V K, Gaurav K P, Murugan P, Annadurai M. Assessment of Surface Water Dynamicsin Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *Aquatic Procedia*. 2014; 4:739-746
- [13]. Zhang FF, Li J, Shen Q, Zhang B, Ye H, Wang Sh, et al.. Dynamic Threshold Selection for the Classification of Large Water Bodies within Landsat-8 OLI Water Index Images. *Preprints*. 2016; 1: 1- 18
- [14]. Elshahi M, Negm A, El Tahan MH. Performances Evaluation of surface water Area Extraction Technique Using Landsat ETM+ Data: Case Study Aswan High Dam Lake (AHDL). *procedia Technology*. 2016; 22:1205-1212.
- [15]. Manjula TR, Samyuktha SS, Navya G, Priyanka S, Reddy MP, Garudachar, R. Mapping and Monitoring of Water Bodies Using Sentinel 1A Images. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021; 173:193-201.
- [16]. Şerban C, Maftai C, Dobrică G. Surface Water Change Detection via Water Indices and Predictive Modeling Using Remote Sensing Imagery: A Case Study of Nuntasi-Tuzla Lake, Romania. *Water*. 2022; 14(4), 556.
- [17]. Riyaz Khan NH, Study of Fluctuations in Surface Area of Lake Haramaya using NDWI and MNDWI Methods. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering (JGISE)*. 2022; 5(1): 36-41.
- [18]. Li W, Zhang W, Li Z, Wang Y, Chen H, Gao H, Zhou Z, Hao J, Li Ch, Wu X. A new method for surface water extraction using multi-temporal Landsat 8 images based on maximum entropy model. *European Journal of Remote Sensing*, 2022; 55(1): 303-312
- [19]. Rasouli A A, Abbasian S, Jahanbakhsh S. Monitoring of Urmia Lake Water Surface Fluctuations by Processing of Multi- Sensors and Multi-Temporal Imageries. *The Journal of Spatial Planning*. 2008; 12 (2): 53-71. [Persian]
- [20]. Abedini M, Sotoudehpour A. Detection of lakes changes trends with using geography information system (GIS) and Remote sensing (Rs).case study: tectonically Zarivar Lake. *Journal of natural of Geography*. 2017; 10(35): 45-60. [Persian]
- [21]. Khosravian M, Entezari A, Rahmani A, Baaghde M. Monitoring the Disturbance of Lake District Water Level Changes Using Remote Sensing Indices. *Journal of Hydrogeomorphology*. 2018; 4(13): 99-120. [Persian]
- [22]. Dastranj H, Tavakoli F, Soltanpour. Investigating the water level and volume variations of Lake Urmia using satellite images and satellite altimetry. *The Journal of "Geographical Data (SEPEHR)*. 2018; 27(107):149-163. [Persian]
- [23]. Hajarian MH, Atarchi S, Hamzeh H. Monitoring seasonal changes of Meighan wetland using SAR, thermal and optical remote sensing data. *Physical Geography Research*. 2021; 53(3): 365-380. [Persian]
- [24]. Barari MH, Bagheri A, Hashemi SM. Analysis of the issues of Lake Zrêbar in a context of

- Integrated Water Resources Management using a stakeholders' participatory approach in a basin scale. *Iran-Water Resources Research*. 2016; 12(2): 1-12. [Persian]
- [25]. Sarp G, Ozcelik M. Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*. 2017;11(3): 381-391
- [26]. Li J, Ma R, Cao Z, Xue K, Xiong J, Hu M, Feng X. Satellite Detection of Surface Water Extent: A Review of Methodology. *Water*. 2022; 14(7), 1148
- [27]. Feyisa GL, Meilby H, Fensholt R, Proud SR. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2014; 114: 23-35
- [28]. Danyu Q, Jinhui Z, Han L, Lei D. Application of Water Extraction Methods from Landsat Imagery for Different Environmental Background. *Journal of Geo-information Science*. 2021; 23(4): 710-722.
- [29]. Pal S, Ziaul S. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2017; 20: 125-145
- [30]. Roy A, Inamdar AB. Multi-temporal Land Use Land Cover (LULC) change analysis of a dry semi-arid river basin in western India following a robust multi-sensor satellite image calibration strategy. *Heliyon*. 2019; 5(4): e01478.
- [31]. Jensen JR. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*. 4th ed. London: Pearson publisher; 2015.
- [32]. Kandrika S, Roy PS. Land use land cover classification of Orissa using multi-temporal IRS-P6 awifs data: A decision tree approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*. 2008; 10: 186-193
- [33]. Mather P M, Koch, M. *Computer Processing of Remotely Sensed Images An Introduction*. 4th Ed. New York: John Willey & Sons press; 2010.
- [34]. Vapink VN. *The nature of statistical learning theory*. 2nd ed. New York: springer; 2000.
- [35]. Ceccato P, Flasse S, Tarantola S, Jacquemond S, Gregoire JM. Detecting vegetation water content using reflectance in the optical domain. *Remote Sensing of Environment*. 2001; 77: 22-33.
- [36]. Zhai K, Wu X, Yuanwei Q, Du P. Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations. *Journal of Geo-spatial Information Science*. 2015; 18: 32-42.
- [37]. Fang-fang Z, Bing Z, Jun-sheng L, Qian S, Yuan-feng W, Yang S. Comparative analysis of automatic water identification method based on multispectral Remote Sensing. *Procedia Environmental Sciences*. 2011; 11: 1482-1487.
- [38]. Feyisa G L, Meilby H, Fensholt R, Proud S R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2014; 140: 23-35.
- [39]. Darvishi Sh, Solaimani K, Rashidpour M. Impact of vegetation indices and urban surface characteristics on land surface temperature changes (Case study: Sanandaj city). *RS & GIS for Natural Resources*. 2019; 10(1): 17-35. [Persian]
- [40]. Tilahun A, Islam Z. Google Earth for land use land cover change detection in the case of gish abbay sekela, west Gojjam, Amhara State, Ethiopia. *International Journal of Advancement in Remote Sensing GIS and Geography*. 2015; 3: 80-87.
- [41]. Mather P, Tso B. *Classification methods for remotely sensed Data*. 2nd ed. New York: CRC Press Taylor & Francis; 2009.
- [42]. Smits PC, Dellepiane SG, Schowengerdt RA. Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. *International Journal of Remote Sensing*. 1999; 20: 1461-1486.
- [43]. Ji L, Geng X, Sun K, Zhao Y, Gong P. Target Detection Method for Water Mapping Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery. *Water*. 2015; 7: 794-817.