



پایش تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

علی خدمت زاده^{۱*}، آیلار نجف زاده^۲، فرناز عظیمی^۳

۱- کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*Clima.khedmatzadeh@yahoo.com

ارسال: اسفند ماه ۹۸ پذیرش: فروردین ماه ۹۹

چکیده

بررسی تغییرات سطح آب دریاچه‌ها به منظور حفاظت آنها به لحاظ اهمیت، ماهیت و موقعیت این مجموعه‌های آبی و به‌عنوان یک میراث طبیعی در سال‌های اخیر در بین کشورها در سطح ملی و منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. بحران خشک شدن دریاچه ارومیه با وسعتی حدود نیم میلیون هکتار به عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران، با توجه به تبعات آن، تبدیل به یک مسئله ملی شده است. با توجه به تغییرات بارش و دما و رخداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شدید در این حوضه و ویژگی‌های مرفولوژیک آن (شیب کم سواحل) سطح تراز آن دچار نوسانات و تغییرات زیادی می‌شود. بطوریکه در سال‌های اخیر توسعه طرح‌های منابع آبی و به‌ویژه احداث سدهای مخزنی بر روی رودخانه‌های منتهی به دریاچه، تأثیر زیادی بر ورودی آب و درنهایت تراز آب آن داشته است. در این تحقیق به منظور ارزیابی تغییرات مساحت دریاچه ارومیه از داده‌های چند زمانه ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ (شامل سنجنده های ETM+ و OLI) در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ مورد استفاده و پردازش قرار گرفت و نوسانات سطح آب دریاچه در دوره‌های زمانی مختلف استخراج شد. نتایج حاکی از آن است که مساحت دریاچه ارومیه از ۴۳۴۶.۷۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۱ به ۲۲۸۵.۷۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ سیر نزولی داشته و با افزایش در سال ۲۰۱۹ به ۳۷۰۵.۸۸ کیلومتر مربع رسیده است. نوسانات آب دریاچه نیز از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ حدود ۴۷.۳۹ درصد کاهش و تا سال ۲۰۱۹ به میزان ۳۸.۳۲ درصد نسبت به سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: تغییرات سطح آب، تصاویر ماهواره‌ای، خشکسالی، دریاچه ارومیه

۱- مقدمه

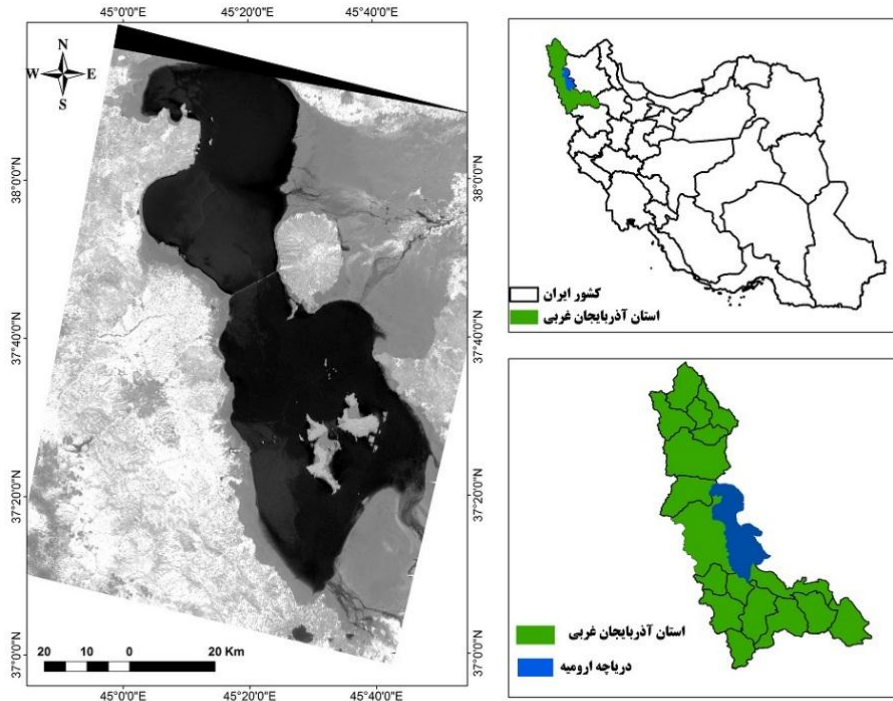
رخداد خشکسالی‌های متوالی، احداث سدهای متعدد بر روی رودخانه‌های ورودی به دریاچه‌ها و تالاب‌ها، بهره‌برداری فزاینده آب در نواحی پیرامونی دریاچه‌ها به همراه تغییرات آب و هوایی عمده مشکلاتی است که دریاچه‌ها و تالاب‌های ایران را

تهدید می‌نماید. بحران خشک شدن دریاچه ارومیه با وسعتی حدود نیم میلیون هکتار به عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران و بیستمین دریاچه جهان با توجه تبعات آن، تبدیل به یک مسئله ملی شده و باعث شده که توسط سازمان‌ها، ارگان‌ها و حتی مردم اقدامات و طرح‌هایی انجام پذیرد که همچنان ادامه دارد. بررسی تغییرات سطح آب دریاچه‌ها به منظور حفاظت آنها در سال‌های اخیر در بین کشورها در سطح ملی و منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. در دهه‌های گذشته، پایش مناطق ساحلی و استخراج تغییرات سطح آب در فاصله‌های زمانی مختلف به عنوان یک پژوهش زیربنایی مورد توجه واقع شده است، زیرا خطوط ساحلی ماهیتی دینامیکی داشته و مدیریت چنین محیط‌های اکولوژیکی حساسی نیاز به کسب اطلاعات دقیق در فواصل زمانی مختلف دارد (app, ۱۹۸۸). در این شرایط، پایش و ارزیابی چنین مناطقی می‌تواند، به عنوان یک امر مهم در توسعه ملی و مدیریت منابع طبیعی تلقی شود. در طی چند دهه گذشته، استفاده از فناوری سنجنش از دور برای تشخیص چنین تغییراتی در طی زمان توجه محققان مختلف را به خود معطوف کرده است (Singh, ۱۹۸۹). از مدت‌ها پیش ثابت شده است که جذب اشعه مادون قرمز به وسیله آب و انعکاس شدید آن به وسیله پوشش گیاهی و خاک، ترکیب ایدئالی را برای نقشه برداری از سطوح آبی فراهم می‌کند (ucker, ۱۹۷۹). فناوری سنجنش از دور به عنوان بهترین وسیله برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده است چرا که با پیشرفت‌های انجام گرفته در این فناوری و تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا و همچنین انواع فنون پردازش تصویر می‌توان تغییرات کاربری را برآورد نموده و نسبت به مدیریت آن‌ها اقدام نمود (فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷).

پژوهش‌های متعددی در نقاط مختلف دنیا انجام شده است که به بعضی از آن‌ها به عنوان پیشینه موضوع اشاره می‌شود: Qudah و همکاران (۱۹۹۴) از فناوری RS و GIS به عنوان ابزاری مناسب برای مرزبندی و ارزیابی بحرالمتیت در اردن و فلسطین اشغالی استفاده کرد. نتیجه این تحقیق نشان داد این دریاچه در طی دوره مطالعه شده تغییرات قابل توجهی در سطح و خطوط ساحلی آن صورت گرفته است که تنها با پردازش تصاویر ماهواره‌ای این امر قابل حصول بود. Guariglia و همکاران (۲۰۰۶) تغییرات خطوط ساحلی منطقه ایونی^۱ در جنوب ایتالیا را بر اساس رویکرد چند زمانه و روش چند منبعی با استفاده از داده‌های ماهواره TM و SPOT مورد شناسایی قرار دادند. علی اصغر آل شیخ و همکاران (۱۳۸۴) پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه را در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱ و با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ انجام دادند. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، مساحت دریاچه ۱۰۴۰ کیلومترمربع در بازه زمانی مورد کاهش یافته است. رفیعی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات تالاب نیریز با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM ماهواره LANDSAT با اعمال روش طبقه‌بندی نظارت شده و خوارزمیک بیشترین شباهت مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد کاهش ۵۲ درصدی مساحت آب به عنوان مهمترین تغییرات این تالاب، گواه بروز و گسترش بحران زیست محیطی در منطقه است. بیشترین پژوهش‌ها در زمینه نوسانات خطوط ساحلی در ایران در مورد دریاچه ارومیه صورت گرفته است از جمله آل‌شیخ و همکاران (۱۳۸۴)، رسولی و همکاران (۱۳۸۷)، شایان و جنتی (۱۳۸۶)، رسولی و عباسیان (۱۳۸۸)، جلیلی و همکاران (۱۳۹۰) و یاراحمدی (۱۳۹۳) اشاره کرد. با توجه به آنچه که بیان شد و نظر به موقعیت و اهمیت دریاچه ارومیه به عنوان یک میراث طبیعی در این مطالعه، کلیه اطلاعات ماهواره‌ای قابل دسترس اخذ و در روند پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس، سری‌های تصاویر ماهواره‌ای مختلف از نقطه نظر ترکیب طیفی و تفکیک مکانی برای بررسی ویژگی‌های آب دریاچه ارومیه پردازش شد. سپس، سعی شد تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه در طی ۱۹ سال گذشته شبیه‌سازی شود.

¹ Ionian

منطقه مورد مطالعه محدوده دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران است (شکل ۱). این منطقه بین عرض ۳۷ تا ۳۸ درجه شمال جغرافیایی و طول ۴۵ تا ۴۶ درجه شرق جغرافیایی واقع در میان دو استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی می باشد. از نقطه نظر جغرافیایی، دریاچه ارومیه در حد گسترش نهایی خود حدود ۱۴۰ کیلومتر طول، ۵۵ کیلومتر عرض و با حداکثر ۱۸ متر عمق دارد. همواره، این دریاچه به عنوان یکی از مهمترین زیستگاه‌های طبیعی در سطح منطقه مطرح بوده و به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود به وسیله سازمان یونسکو به عنوان پارک ملی شناخته شده است. مساحت دریاچه ارومیه در طول سال‌های گذشته بین ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ کیلومتر مربع در نوسان بوده است. تقریباً حدود ۲۰ رودخانه دائمی و فصلی و همچنین تعدادی از جریان‌های زیرسطحی و فصلی دریاچه ارومیه را تغذیه می کنند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۳- داده ها و روش‌ها

۳-۱- تصاویر ماهواره‌ای

داده های به کارگیری شده در این تحقیق شامل تصاویر تهیه شده از ماهواره‌های Landsat 7 و Landsat 8 می باشد که در این پژوهش تصاویر بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ از سایت^۱ USGS دریافت گردید؛ ویژگی های این تصاویر در جدول ۱ نمایش داده شده است.

^۱ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

سنجنده	ماهواره	ردیف و گذر	تاریخ برداشت	ردیف
ETM+	Landsat 7	۱۶۹-۳۴	۲۰۰۱/۰۵/۲۱	۱
ETM+	Landsat 7	۱۶۹-۳۴	۲۰۰۵/۰۴/۳۰	۲
ETM+	Landsat 7	۱۶۹-۳۴	۲۰۱۰/۰۵/۱۴	۳
OLI	Landsat 8	۱۶۹-۳۴	۲۰۱۵/۰۵/۲۰	۴
OLI	Landsat 8	۱۶۹-۳۴	۲۰۱۹/۰۵/۱۵	۵

سپس تصحیح رادیومتریک تصاویر در نرم افزار ENVI صورت گرفت سپس بازسازی تصاویر معیوب سنجنده ETM+ با استفاده از روش رگرسیون خطی وزنی انجام گرفت (نجف زاده و همکاران، ۱۳۹۶) و در ادامه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی با استفاده از باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک به منظور تشخیص ۳ کاربری آب و خاک و پوشش گیاهی محاسبه گردید و در نهایت مساحت هر یک از کاربری‌ها استخراج شد و در آخر با گردآوری این اعداد در یک جدول به یک روند کلی در رابطه با تغییرات سطح آب در این ۱۹ سال گذشته دست یافتیم.

۳-۲- شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI)

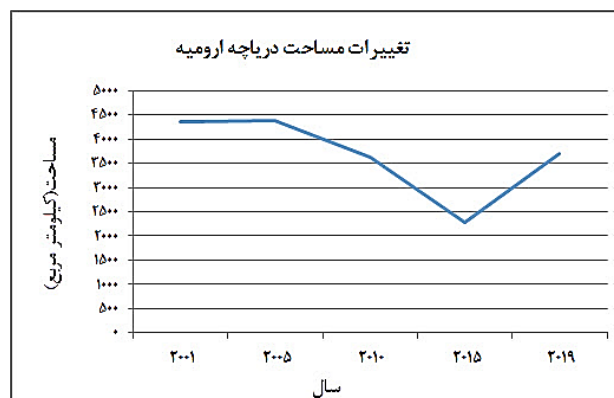
این شاخص نخستین بار توسط Tucker در سال ۱۹۷۹، به عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح شد. شاخص NDVI یک شاخص حساس به شرایط پوشش گیاهی است، که بطور وسیعی به منظور تخمین شاخص سطح برگ مورد استفاده قرار می گیرد و از طریق نسبت تبدیل نرمال شده بازتاب از باند مادون قرمز و باند قرمز حاصل می گردد (sharma، ۲۰۰۶). مقادیر این شاخص بین ۱- و ۱+ قرار می گیرد. مقدار NDVI برای سطوح سبز بین صفر و ۱+ و برای آب و ابرها و برف معمولاً مقداری کمتر از صفر و منفی دارد مقدار بالای این شاخص نشان دهنده افزایش تراکم پوشش گیاهی است که از رابطه (۱) قابل محاسبه است.

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (1)$$

ρ_{NIR} مقدار بازتابش از باند مادون قرمز ρ_{Red} مقدار بازتاب از باند قرمز می باشد (Gillies و همکاران، ۱۹۹۷).

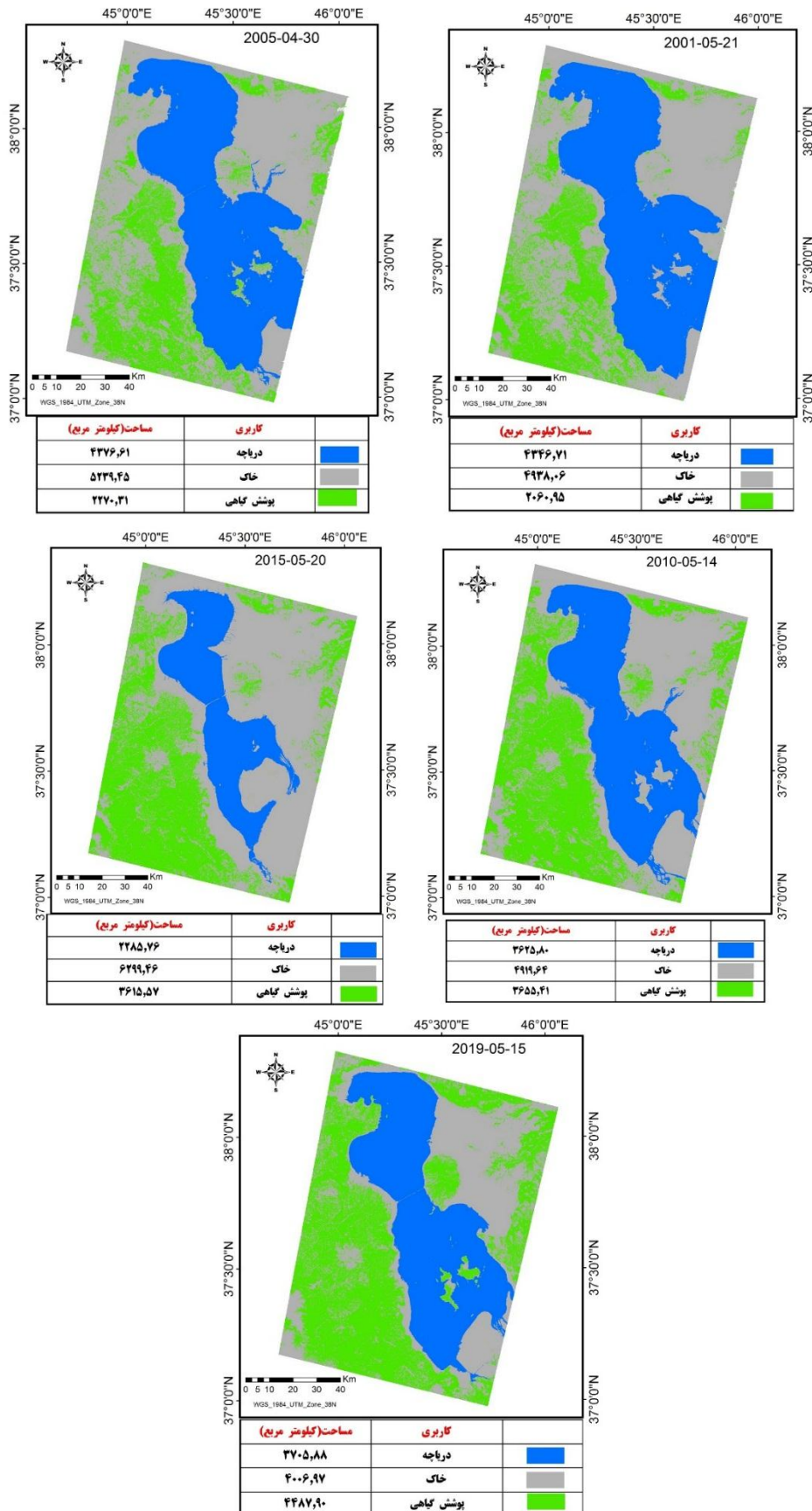
۴- نتایج

با توجه به مساحت‌های بدست آمده، از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ حد آب دریاچه روندی رو به کاهش را داشته که این روند در سال ۲۰۱۵ به بحرانی‌ترین حد خود رسیده و نتایج حاکی از آن است که مساحت دریاچه ارومیه از ۴۳۴۶.۷۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۱ به ۲۲۸۵.۷۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ سیر نزولی داشته و با افزایش در سال ۲۰۱۹ به ۳۷۰۵.۸۸ کیلومتر مربع رسیده است. نوسانات آب دریاچه نیز از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ حدود ۴۷.۳۹ درصد کاهش و تا سال ۲۰۱۹ به میزان ۳۸.۳۲ درصد نسبت به سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است.



شکل ۲- نمودار روند تغییرات مساحت دریاچه ارومیه

شناسایی تغییرات دریاچه ارومیه براساس مبنای ذکر شده، روی تصاویر ماهواره‌ای از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ انجام شده و نتایج در شکل های زیر ارائه شده است.



شکل ۳- تصاویر طبقه بندی شده دریاچه در ۱۹ سال گذشته

دریاچه ارومیه دومین دریاچه آب شور جهان و یکی از نادرترین ذخیره گاه های زیستی ایران و جهان و دارای ۱۰۲ جزیره کوچک و بزرگ است. این دریاچه به همراه جزایر درونی آن از سوی سازمان یونسکو به عنوان ذخیره گاه طبیعی به ثبت جهانی رسیده است که متأسفانه روند نزولی سطح آب این دریاچه در سال های اخیر کارشناسان و دوستداران محیط زیست را نگران کرده و هشدار کارشناسان را در رابطه با وضعیت این زیست بوم ارزشمند در پی داشته است. با توجه به بررسی های انجام شده و اعداد به دست آمده، طی ۱۳ سال اخیر سطح آب دریاچه ارومیه با توجه به افت کلی ای که داشته (تا سال ۲۰۱۴) اما در سال ۲۰۱۵ رشد چشم گیری داشته است. خوشبختانه مساحت دریاچه با توجه به مقادیر بارش و تمهیدات اندیشیده شده از سال ۲۰۱۵ به بعد رو به رشد بوده که این مقدار در سال ۲۰۱۹ به اوج خود رسیده است.

۶- منابع

۱. آلشیح، ع.، علی محمدی، ع. و قربانعلی، ع.، ۱۳۸۴. پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور، نشریه علوم جغرافیایی، ۴(۵): ۲۴-۹.
۲. جلیلی، ش.، مرید، س.، بناکار، ا. و نامدار قنبری، ر.، ۱۳۹۰. ارزیابی تأثیر شاخص های اقلیمی SOI و NAO بر تغییرات تراز دریاچه ارومیه، کاربرد روش های آنالیز طیفی سری های زمانی، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۱): ۱۴۹-۱۴۰.
- رسولی، ع. و عباسیان، ش.، ۱۳۸۸. تحلیل مقدماتی سری های زمانی تراز سطح آب دریاچه ای ارومیه، نشریه ی جغرافیا و برنامه ریزی، ۱۴(۲۸): ۱۶۵-۱۳۷.
۳. رسولی، ع.، عباسیان، ش. و جهانبخش، س.، ۱۳۸۷. پایش نوسان های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره ای چند سنجنده ای و چند زمانه ای، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱۲(۲): ۷۱-۵۳.
۴. رفیعی، ی.، ملک محمدی، ب.، آبکار، ع.، یآوری، ا.، رضانی مهریان، م. و ظهراپی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست محیطی تالاب ها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (مطالعه موردی: تالاب نیریز)، محیط شناسی، سال سی و هفتم، ۵۷: ۷۶-۶۵.
۵. شایان، س. و جنتی، م.، ۱۳۸۶. شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای (سنجنده های ETM+, TM & LISSIII) پژوهش های جغرافیایی، ۶۲: ۲۵-۳۹.
۶. فیضی زاده، ب. و حاجی میرحیمی، م.، ۱۳۸۷. آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی شیء گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)، همایش ژئوماتیک، ۱۰-۱.
۷. نجف زاده، آ.، عرفانیان، م.، علیجانپور، ا. و بابایی حصار، س.، ۱۳۹۶. بازسازی تصویر معیوب ماهواره لندست با روش رگرسیون خطی وزنی و ارزیابی صحت نقشه پوشش اراضی (بررسی موردی: منطقه خوی)، نشریه پژوهش و توسعه جنگل، ۳(۳): ۲۸۹-۲۷۵.
۸. یاراحمدی، د.، ۱۳۹۳. تحلیل هیدروکلیماتولوژیکی نوسان های سطح آب دریاچه ارومیه، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۶(۱): ۹۲-۷۷.

9. Gillies, R.R., Carlson, T. N., Cui, J., Kustas, W. P. and Humes, K. S., (1997). A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurement of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 18: 3145-3166.

10. Guariglia, A.; Buonamassa, A.; Losurdo, A.; Saladino, R.; Trivigno, M. L.; Zaccagnino, A. and Colangelo, A.; (2006). A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes, *ANNALS OF GEOPHYSICS*, 49(1): 295-304.

11. ng. Omar Qudah, Eng. Hussein Harahsheh, (1994). *Recession of Dead Sea through the Satellite Images Royal Jordanian Geographic Centre Amman- Jordan.*

12. Sharma, A., (2006). *Spatial data mining for drought monitoring: An approach using temporal NDVI and relationship, Thesis Geo-Information Science and Earth Observation, India*

13. Singh, A., (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data, International Journal of Remote Sensing, 10(6).
14. Tucker, C. J.. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sensing of Environment,8(2):150-127.
15. Copp D. L. B.,(1988). Background and extensions to depth of penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters, Proceeding of the Symposium on remote sensing of Coastal zone,Gold Coast,Queensland, IV.2.1-IV.2.19.

Monitoring Urmia Lake Water Level Changes Using Satellite Images**Abstract**

Investigating the changes in the water level of the lakes in order to protect them in terms of the importance, nature and position of these water bodies and as a natural heritage in recent years between countries at national and regional level has gained special importance. The drying crisis of Lake Urmia with an area of about half a million hectares as Iran's largest inland lake has become a national issue due to its consequences. Due to the changes in precipitation and temperature and the occurrence of severe droughts and wetlands in this basin and its morphological features (low coastal slope) its elevation level is subject to many fluctuations and changes. In recent years, the development of water resources projects, and in particular the construction of reservoir dams on the rivers leading to the lake, has had a major impact on the water inlet and ultimately its water level. In this study, we used and processed Landsat 7 and 8 satellite weather data (including ETM + and OLI sensors) from 2001 to 2019 to evaluate the changes in the Urmia Lake area. Different time periods were extracted. The results show that the area of Lake Urmia declined from 4346.71 sq km in 2001 to 2285.76 sq km in 2015 and increased to 3705.88 sq km in 2019. Lake water volatility also declined by 47.39 percent from 2001 to 2015 and by 38.32 percent by 2019, according to the report.

Keywords: Water Level Changes, Satellite Images, Drought, Lake Urmia