

ارزیابی اثرگذاری عوامل انسان‌پدید بر بحران دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل مکانی

علیرضا مجتهدی^{۱*}، رامین الماسی^۲ و مهران داداش‌زاده^۳

^۱ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

^۲ کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

^۳ دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

(دریافت: ۹۶/۷/۱۵، پذیرش: ۹۷/۲/۸، نشر آنلاین: ۹۷/۲/۹)

چکیده

در راستای مدیریت حیات اکولوژیک دریاچه‌ها، پردازش داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از روش‌های مختلف تحلیل مکانی، اطلاعات ارزشمندی جهت انجام یک پایش جامع به دست می‌دهند. بنابر این در مطالعات منابع آبی حوضه‌های آبریز مختلف جهان، اطلاعات زمانی- مکانی تحلیل شده مربوط به دریاچه‌های آن حوزه، از جمله مجهولات اساسی قلمداد می‌شوند. این در حالی است که به دلایل مختلفی، تعداد بیشماری از دریاچه‌های کوچک و تالاب‌های حیاتی جهان فاقد اطلاعات دقیقی از تغییرات مکانی هستند. دریاچه ارومیه نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های آبی کشور، طی سال‌های اخیر به دلیل عوامل مختلفی نظیر شرایط اقلیمی، عملکرد انسانی و نبود رویکرد مدیریت جامع در حوضه آبریز خود تغییرات شدیدی را تجربه نموده است. از این رو، ارزیابی شرایط حاضر دریاچه و بررسی تغییراتی که در دهه‌های مختلف روی شرایط اقلیمی آن افتاده از اهمیت به سزایی برخوردار است. در این مطالعه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و به کمک علم سنجش از دور و همچنین عملیات میدانی، تغییرات پارامترهای مهمی نظیر دمای سطح آب، شوره‌زارها و پوشش گیاهی دریاچه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که طی یک دوره ۱۷ ساله مساحت پیکره آبی دریاچه به نصف کاهش یافته و از طرفی با افزایش مساحت زیر کشت حوضه آبریز آن و با توجه به کاهش نسبی بارش در سال‌های اخیر، با سرعت چشمگیری بر وسعت شوره‌زارها افزوده گشته است. همچنین در طول بازه زمانی مورد مطالعه، دمای کل سطح آبی دریاچه ارومیه چه در فصول گرم و چه در فصول سرد سال با افزایش نسبی همراه بوده است. در نهایت هدف اصلی از این مطالعه، انجام پایشی نظارت شده در راستای ارزیابی و بررسی بحران دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن عوامل انسانی نظیر تأثیرات بخش کشاورزی و احداث یل میان‌گذر می‌باشد. همچنین دستیابی به یک پایگاه اطلاعات مکانی جامع جهت تعیین اثرگذاری هر یک از این پارامترها بر بحران خشک شدن دریاچه ارومیه از دیگر اهداف این تحقیق می‌باشد. این نتایج به صورت کمی و به طور قطعی اثبات می‌نمایند که مجموعه عوامل انسانی، مسبب اصلی بحران خشک شدن دریاچه می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: دریاچه ارومیه، داده‌های ماهواره‌ای، تحلیل مکانی، عوامل انسانی.

۱- مقدمه

آن بالغ بر ۵۳۰۰ کیلومترمربع ثبت گردیده، در سال‌های اخیر تراز آن به کمتر از ۱۲۷۱ متر از سطح دریا و مساحت آن به کمتر از ۲۵۰۰ کیلومترمربع کاهش یافته است (شکل (۱)).

مطالعه تصاویر ماهواره‌ای در یک دوره ۱۷ ساله نشان‌دهنده پس‌روی تدریجی و افزایش مساحت شوره‌زارهای اطراف دریاچه است. اگر روند کاهش آب دریاچه به همین ترتیب ادامه یابد، به مرور زمان بخش بیشتری از بستر دریاچه و نمک از آب خارج می‌شود که این امر مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را به همراه

در طی سال‌های اخیر به دلیل رخداد خشکسالی‌های مداوم، اضافه برداشت از منابع آب‌های سطحی و زیرسطحی جهت توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعتی و همچنین اجرای پروژه‌های سدسازی بر روی رودخانه‌های واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، تراز توده آبی آن به شدت کاهش یافته است (Hoseinpour و همکاران، ۲۰۱۰). در حالی که طی ۵۰ سال اخیر، تراز متوسط آب این دریاچه در حدود ۱۲۷۴ متر از سطح دریا و مساحت متوسط

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۴۱-۳۳۳۹۲۵۴۰

از دور در تحلیل تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. وی در مطالعه خود به این نتیجه رسید که از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۳، مساحت آب از میزان ۴۹۹۵ کیلومتر مربع به ۱۸۴۹ کیلومتر مربع کاهش و مساحت شوره‌زار به میزان ۸۹۸ کیلومتر مربع افزایش یافته است. خادمی و همکاران (۱۳۹۳)، در یک پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و به کمک علم سنجش از دور و تحلیل مکانی، شوره‌زارهای اطراف دریاچه را مورد بررسی قرار دادند. مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست در یک دوره ۱۳ ساله، مبین روند بسیار سریع افزایش اراضی شور می‌باشد، به طوری که مساحت شوره‌زارها در سال ۲۰۱۱ تقریباً ۲۶ برابر مقدار آن در سال ۱۹۹۸ است.

کمکی (۱۳۹۳)، در پژوهشی با استفاده از داده‌های سنجنده OLI، TM و MSS به ترتیب در ماهواره لندست ۸، ۵ و ۲ تغییرات سطحی دریاچه ارومیه را بررسی کرد. علاوه بر بررسی تغییرات دریاچه ارومیه به کمک این سنجنده‌ها، نامبرده از داده‌های تصویری گوگل در مطالعه خود استفاده نمود. طی ۳۸ سال (از ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳) علاوه بر کاهش بیش از ۶۰ درصدی سطح دریاچه، معلوم شد تغییرات علائم طیفی مربوط به سطوح نمکی در طرفین جاده میان‌گذر قابل تشخیص است.

در خصوص بحران ایجاد شده و دلایل کاهش قابل توجهی که در سطح و حجم آب این دریاچه به وجود آمده است، از عوامل و پارامترهای مختلفی یاد می‌شود. اما کارشناسان امر با وجود بروز خشک‌سالی‌های پی‌درپی و تغییر اقلیم، نبود مدیریت جامع‌نگر در کل حوزه و در نتیجه اقداماتی نظیر احداث میان‌گذر شهید کلانتری، افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و تغییر الگوهای کشت را تحت عنوان مهم‌ترین دلایل کاهش جریان‌ات ورودی به دریاچه ارومیه و خشک شدن آن می‌دانند.

در این راستا، در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و به کمک فناوری سنجش از دور و همچنین عملیات میدانی سعی در انجام پایشی نظارت شده در جهت ارزیابی بحران دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن تغییرات پارامترهایی نظیر دمای سطح آب، شوره‌زایی و پوشش گیاهی در حوضه آبریز آن شده است. مطالعه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در طول بازه مورد بررسی نشان‌دهنده روند بسیار سریع کاهش مساحت آبی دریاچه و افزایش اراضی شور می‌باشد. همچنین نتایج نشان دادند که علی‌رغم این که دمای کل سطح آبی دریاچه در طول بازه مورد مطالعه، با افزایش نسبی همراه بوده است ولی وجود میان‌گذر، تأثیر معنی‌داری بر روی تغییرات الگوی دمای نیمه شمالی و جنوبی آن نداشته است.

خواهد داشت. از جمله اثرات جدی شوره‌زایی، می‌توان به تأثیرات منفی بر روی زیرساخت‌ها، منابع آب، محصولات کشاورزی، فرسایش خاک و در نتیجه بی‌ثباتی جوامع اجتماعی اشاره نمود (Lauchli و Pitman, ۲۰۰۴).



شکل ۱- روند تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه در فاصله سال‌های: (الف) ۲۰۱۴، (ب) ۲۰۱۰، (ج) ۲۰۰۰ میلادی (USGS)

از طرفی افزایش نسبی دمای کل سطح آبی دریاچه باعث بالا رفتن نیاز آبی گیاهان و همچنین میزان تبخیر از سطح دریاچه شده است. با این تفاسیر، تحلیل و مدیریت هرچه دقیق‌تر و جامع‌تر تغییرات دریاچه ارومیه و همچنین ارزیابی و اجرای روش‌های مختلف احیای آن امری ضروری و نیازمند اطلاعات مکانی دقیق است. در همین راستا مطالعات متعددی مبتنی بر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور، پیرامون تهیه نقشه‌های جامع و پایش دریاچه مورد توجه واقع شده است.

در سال‌های اخیر نیز با توجه به اهمیت بحران دریاچه ارومیه، مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. علوی پناه و همکاران (۱۳۸۴)، در پژوهشی سعی کردند تا تأثیر میان‌گذر بر تغییرات کیفی آب شامل خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی را مورد مطالعه قرار دهند. نتایج نشان داد که هم باندهای انعکاسی و هم باند حرارتی توانایی زیادی برای تشخیص اثر گل‌آلودگی و شوری دارند.

Jaafari و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و فناوری GIS به تحلیل و بررسی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه پرداختند. پژوهشگران نامبرده با تهیه تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۸، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ و نقشه کاربری اراضی، نتیجه گرفتند که مساحت سطح آبی دریاچه ارومیه به میزان ۳۰۵۲ کیلومتر مربع در بازه زمانی ذکر شده کاهش داشته است.

Mitchell (۲۰۱۳)، در پژوهشی برای بررسی تغییرات سطح آبی و شوره‌زار دریاچه ارومیه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (۱۹۹۰، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۶) و لندست ۸ (۲۰۱۳)، با فاصله زمانی ۸ سال در بازه زمانی بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۳ و فناوری سنجش

۲- مواد و روش‌ها

تصاویر ماهواره‌ای و بهره‌گیری از روش‌های نوین مبتنی بر فناوری سنجش از دور، با توجه به قابلیت تعدد زمانی و در اختیار گذاشتن اطلاعات مکانی، هزینه‌های مختصر و در مواردی رایگان آن، در سال‌های اخیر جهت مطالعات مکانی مورد توجه واقع شده و امکانات مفیدی را برای مطالعه پدیده‌های دینامیک ارائه داده است (Mehrian و همکاران، ۲۰۱۶). مبنای کار در این پژوهش نیز استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست و مودیس است. در این مطالعه از نرم‌افزار ENVI 5.1 برای انجام تصحیحات و کالیبره کردن تصاویر و نرم‌افزار ArcGIS 10.3 جهت تحلیل تصاویر بهره گرفته شده است.

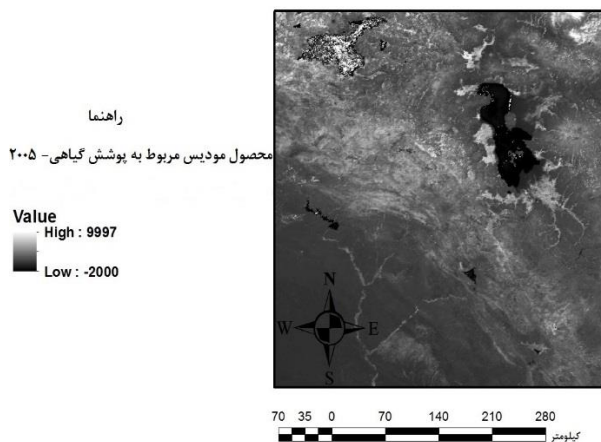
۲-۱- بررسی تغییرات پوشش گیاهی و تعیین مساحت آبی

برای بررسی این پارامتر از محصول ماهواره‌ای مودیس MYD13A3 (جدول (۱)) در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در بازه زمانی ماه جولای (تیر) سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. در تحلیل این پارامتر پس از انتخاب محصول (شکل (۲)) و تفکیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه (شکل (۳)) با روش تحلیل رنگ‌های کاذب به جداسازی پوشش گیاهی محدوده مورد نظر پرداخته شده است. به طوری که در محدوده مقادیر منفی شاخص NDVI (اعداد نزدیک به ۱- نشان دهنده پهنه‌های آبی است، مقادیر نزدیک به صفر (بین ۰/۱- تا ۰/۱+) معمولاً نشان‌دهنده سطوح برهنه سنگی، ماسه‌ای یا برفی است. مقادیر پایین و مثبت شاخص (حدود ۰/۲+ تا ۰/۴+) نشان دهنده پوشش درختچه‌ای و علفزار و مقادیر بالای شاخص NDVI (اعداد نزدیک به ۱+) نشان‌دهنده پوشش گیاهی با سبزیگی بیشتر (بازه مورد نظر شاخص NDVI در این مطالعه) است. همچنین در این مطالعه به ارزیابی پارامتر تغییرات خطوط ساحلی و تعیین مساحت سطح آبی دریاچه ارومیه در بازه زمانی سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ میلادی پرداخته شده است. بدین منظور جهت شناسایی تنوع بازتابش سطح منطقه، طبقه‌بندی نظارت نشده به روش دسته‌ای بر روی تصاویر اعمال شد. همچنین، طبقه‌بندی نظارت شده نیز با انجام مقایسه تصاویر تحلیل شده با عکس‌های هوایی و بازدید از منطقه صورت گرفته است. مشخصات تصاویر تحلیل شده و نقشه‌های تفکیک شده پیکره آبی دریاچه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ در مرجع (الماسی، ۱۳۹۵) ارائه گردیده است.

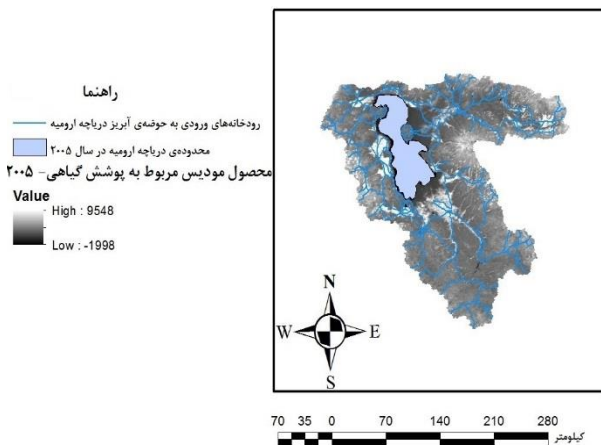
۲-۲- بررسی اثرات احداث میان‌گذر

گروهی از کارشناسان محیط زیست و محققین امر، احداث بزرگراه دریاچه ارومیه و مختل شدن چرخه آب از شمال به جنوب این دریاچه را یکی از عوامل تأثیرگذار در تخریب حیات اکولوژیکی آن می‌دانند. ایشان بر این اعتقادند که احداث میان‌گذر در میان

دریاچه باعث برهم خوردن تعادل دمایی آن، حبس دما در دو طرف میان‌گذر، افزایش شوری و تخییر و همچنین تخریب اکوسیستم غنی آن به سبب عدم جریان آب شده است (Zeinoddini و همکاران، ۲۰۰۹). به منظور ارزیابی نظرات مذکور، در این پژوهش به بررسی تغییرات شوره‌زار ایجاد شده در پیرامون دریاچه و میان‌گذر و همچنین تغییرات دمای سطح توده آبی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل مکانی پرداخته شده است.



شکل ۲- محصول ماهواره‌ای تهیه شده از طریق سنجه مودیس در سال ۲۰۰۵



شکل ۳- جداسازی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

۲-۲-۱- بررسی مسائل شوره‌زایی

با طبقه‌بندی کردن عارضه‌ها در یک تصویر می‌توان از عناصر تفسیری بصری، جهت شناخت گروه‌های همسان مربوط به پیکسل‌های مورد مطالعه که نشانگر عوارض یا کلاس‌هایی از واحدهای زمینی دلخواه (تفکیک واحدهای زمین‌شناسی و غیره) هستند استفاده کرد. در تصاویر رقومی و جهت پردازش و استفاده از این مدل، بسته به کاربرد می‌توان از دو روش طبقه‌بندی نظارت شده و طبقه‌بندی بدون نظارت استفاده کرد. در این پژوهش جهت

مربوط به ۱۶ نقطه از نقاط برداشت شده، در جدول (۲) آورده شده است. موقعیت برداشت نقاط نیز در شکل (۴) مشاهده می‌گردد. بعد از اعمال روش طبقه‌بندی بر روی تصاویر با مشخصات ارائه شده در جدول (۳)، این نقاط برای مشخص نمودن بخش شوره‌زار اطراف دریاچه ارومیه استفاده گردیدند.

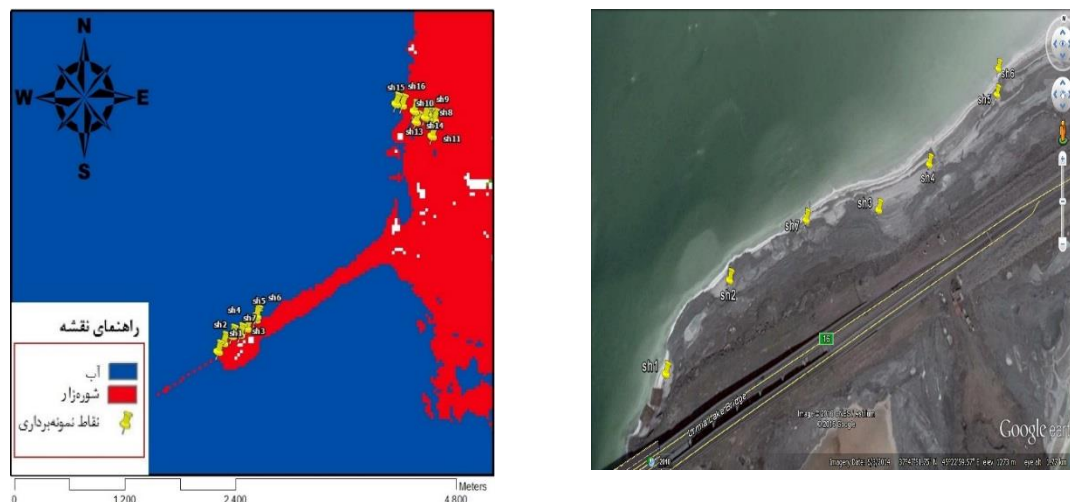
شناسایی تنوع بازتابش سطح منطقه، طبقه‌بندی نظارت نشده به روش دسته‌ای^۱ بر روی تصاویر اعمال شد. همچنین طبقه‌بندی نظارت شده نیز با انجام بازبندی‌های میدانی انجام گردید. به این منظور از پوشش‌های سطح نمکی اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از GPS Garmin 62 نمونه‌برداری انجام شد. مشخصات و مختصات

جدول ۱- مشخصات محصولات ماهواره‌ای مودیس برای تحلیل پارامتر پوشش گیاهی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نام محصول	سکو	تاریخ	تفکیک مکانی
MYD13A3.A2005182.h21v05.005.2008058174205.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۰۵	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2006182.h21v05.005.2008143130459.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۰۶	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2007182.h21v05.005.2007232155729.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۰۷	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2008183.h21v05.005.2008221100606.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۰۸	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2009182.h21v05.005.2009229085707.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۰۹	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2010182.h21v05.005.2010246025310.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۰	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2011182.h21v05.005.2011221082411.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۱	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2012183.h21v05.005.2012220104832.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۲	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2013182.h21v05.005.2013218072451.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۳	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2014182.h21v05.005.2014218040752.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۴	۱۰۰۰ متر
MYD13A3.A2015182.h21v05.005.2015222082034.hdf	Aqua	۱ جولای ۲۰۱۵	۱۰۰۰ متر

جدول ۲- مختصات نقاط برداشت شده جهت تعیین شوره‌زار ایجاد شده در اطراف دریاچه ارومیه

شماره نقاط	Latitude	Longitude
Sh1	37°47'47.40"N	45°22'51.60"E
Sh2	37°47'50.00"N	45°22'54.10"E
Sh3	37°47'52.50"N	45°23'1.70"E
Sh4	37°47'54.20"N	45°23'4.50"E
Sh5	37°47'56.90"N	45°23'8.60"E
Sh6	37°47'57.90"N	45°23'8.80"E
Sh7	37°47'52.00"N	45°22'57.80"E
Sh8	37°48'56.10"N	45°24'25.30"E
Sh9	37°48'56.50"N	45°24'23.80"E
Sh10	37°48'55.30"N	45°24'19.80"E
Sh11	37°48'50.80"N	45°24'26.90"E
Sh12	37°48'55.80"N	45°24'28.00"E
Sh13	37°48'57.60"N	45°24'25.20"E
Sh14	37°48'58.40"N	45°24'19.20"E
Sh15	37°49'00.10"N	45°24'13.80"E
Sh16	37°49'00.50"N	45°24'11.10"E



شکل ۴- موقعیت نقاط میدانی نمونه برداری شده جهت تعیین نظارت شده شوره زار در اطراف دریاچه ارومیه

جدول ۳- مشخصات تصاویر استفاده شده در تحلیل پارامتر شوره زار

Day/Night	Sun Elevation	Cloud Cover	تاریخ (میلادی)	نوع سنجنده	عنوان تصویر
Day	۶۵/۲۱۱۶۱۶۵	۰/۰۰	۱۹۹۹/۷/۳	لندست ۷	LE71690341999184EDC00
Day	۵۶/۲۲۶۶۴۴۱	۰/۰۰	۲۰۰۰/۸/۲۲	لندست ۷	LE71690342000235SGS00
Day	۵۵/۶۳۷۷۶۷۸	۰/۳۳	۲۰۰۱/۸/۲۵	لندست ۷	LE71690342001237SGS00
Day	۶۵/۲۴۲۸۵۱۳	۱/۲۲	۲۰۰۲/۶/۹	لندست ۷	LE71690342002160SGS00
Day	۴۶/۰۳۷۶۵۰۲۳	۰	۲۰۰۳/۹/۲۴	لندست ۵	LT51690342003267MTI01
Day	۵۴/۸۱۲۰۹۰۶۲	۰	۲۰۰۶/۸/۳۱	لندست ۵	LT51690342006243MOR00
Day	۵۴/۰۱۰۴۹۷۱۵	۰	۲۰۰۷/۹/۳	لندست ۵	LT51690342007246MOR00
Day	۵۶/۲۰۵۶۸۲۹۳	۰/۰۲	۲۰۰۹/۸/۲۳	لندست ۵	LT51690342009235MOR00
Day	۵۹/۲۶۱۴۲۱۴۱	۰/۰۶	۲۰۱۰/۸/۱۰	لندست ۵	LT51690342010222MOR01
Day	۵۸/۴۶۹۱۶۷۴۵	۰/۰۵	۲۰۱۱/۸/۱۳	لندست ۵	LT51690342011225MOR00
Day	۶۷/۰۰۸۳۸۲۲۶	۲/۵۶	۲۰۱۳/۷/۱	لندست ۸	LC81690342013182LGN00
Day	۶۷/۳۱۳۷۳۴۳۹	۴/۸۳	۲۰۱۴/۶/۱۸	لندست ۸	LC81690342014169LGN00
Day	۶۷/۰۶۸۹۴۹	۲/۶۷	۲۰۱۵/۶/۲۱	لندست ۸	LC81690342015172LGN00
Day	۶۷/۰۴۰۸۹۲۴۹	۲/۷۴	۲۰۱۶/۶/۲۳	لندست ۸	LC81690342016175LGN00

فصل گرم سال (مرداد) و در فصل سرد سال (دی) به تفکیک مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

همچنین به منظور انجام نتیجه گیری های کامل تر با در نظر گرفتن موقعیت پل میان گذر، تغییرات دمای دریاچه به صورت مجزا برای هر دو نیمه شمالی و جنوبی ارزیابی گردید. برای این منظور از تصاویر ماهواره های لندست ۵، ۷ و ۸ بهره گرفته شد که مشخصات این تصاویر در جدول (۴) آورده شده است. همچنین برای محاسبه رادینانس از نرم افزار ENVI و برای محاسبه دمای توده آبی دریاچه ارومیه نیز از نرم افزار ArcGIS استفاده شده است.

۲-۲-۲- بررسی تغییرات دمای سطح آب دریاچه ارومیه
 شناخت دمای سطح زمین و توده آبی برای بسیاری از مطالعات محیطی، اقلیمی و کشاورزی، لازم و ضروری می نماید. یکی از مهم ترین کاربردهای سنجنش از دور، تهیه نقشه دمایی یا (LST) است. در سال های اخیر LST اهمیت زیادی در مطالعات محیطی پیدا نموده است و ابزاری مهم جهت جایگزینی ایستگاه های هواشناسی برای تعیین دمای هوا می باشد (المدرسی و همکاران، ۱۳۹۳). در این مطالعه جهت بررسی تغییرات دمای دریاچه از محصول ماهواره مودیس MOD11A2 استفاده گردید. بدین صورت که میانگین دمای کل سطح آب دریاچه ارومیه در

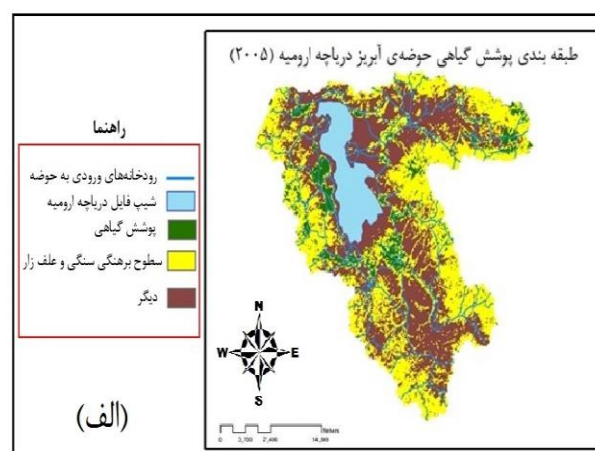
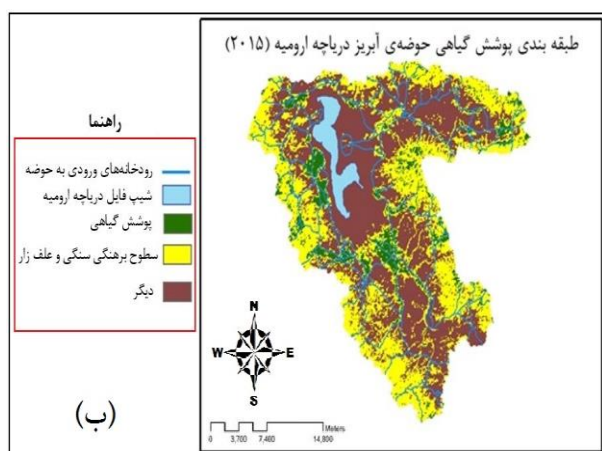
جدول ۴- مشخصات تصاویر استفاده شده در تحلیل پارامتر دما

Day/Night	Sun Elevation	Cloud Cover	تاریخ (میلادی)	نوع سنجنده	عنوان تصویر
Day	۶۵/۲۱۱۶۱۶۵	۰/۰۰	۱۹۹۹/۷/۳	لندست ۷ (ETM+)	LE71690341999184EDC00
Day	۵۶/۶۲۶۶۴۴۱	۰/۰۰	۲۰۰۰/۸/۲۲	لندست ۷ (ETM +)	LE71690342000235SGS00
Day	۵۵/۶۳۷۷۶۷۸	۰/۳۳	۲۰۰۱/۸/۲۵	لندست ۷ (ETM +)	LE71690342001237SGS00
Day	۶۵/۲۴۲۸۵۱۳	۱/۲۲	۲۰۰۲/۶/۹	لندست ۷ (ETM +)	LE71690342002160SGS00
Day	۴۶/۰۳۷۶۵۰۲۳	۰	۲۰۰۳/۹/۲۴	لندست ۵ (ETM)	LT51690342003267MTI01
Day	۵۴/۸۱۲۰۹۰۶۲	۰	۲۰۰۶/۸/۳۱	لندست ۵ (TM)	LT51690342006243MOR00
Day	۵۴/۰۱۰۴۹۷۱۵	۰	۲۰۰۷/۹/۳	لندست ۵ (TM)	LT51690342007246MOR00
Day	۵۶/۲۰۵۶۸۲۹۳	۰/۰۲	۲۰۰۹/۸/۲۳	لندست ۵ (TM)	LT51690342009235MOR00
Day	۵۹/۲۶۱۴۲۱۴۱	۰/۰۶	۲۰۱۰/۸/۱۰	لندست ۵ (TM)	LT51690342010222MOR01
Day	۵۸/۴۶۹۱۶۷۴۵	۰/۰۵	۲۰۱۱/۸/۱۳	لندست ۵ (TM)	LT51690342011225MOR00
Day	۶۷/۰۰۸۳۸۲۲۶	۲/۵۶	۲۰۱۳/۷/۱	لندست ۸ (TIRS)	LC81690342013182LGN00
Day	۶۷/۳۱۳۷۳۴۳۹	۴/۸۳	۲۰۱۴/۶/۱۸	لندست ۸ (TIRS)	LC81690342014169LGN00
Day	۶۷/۰۶۸۹۴۹	۲/۶۷	۲۰۱۵/۶/۲۱	لندست ۸ (TIRS)	LC81690342015172LGN00

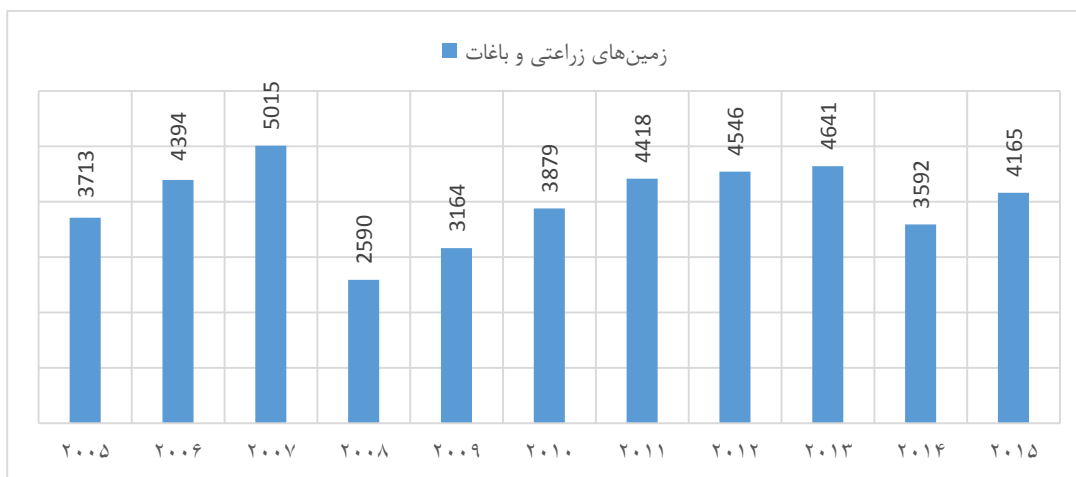
۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تغییرات پوشش گیاهی و تعیین مساحت آبی محدوده زمانی مورد بررسی قرار گرفته در تحقیق حاضر از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ و محدوده مکانی نیز توده آبی دریاچه و حوضه آبریز آن است. با استفاده از طبقه‌بندی شاخص NDVI، منطقه مورد مطالعه به سه دسته تقسیم شد که در نقشه موجود در شکل (۵) با رنگ‌های زرد، سبز و قهوه‌ای مشخص شده است. به منظور اختصار، در شکل (۵) نقشه پوشش گیاهی حوضه آبریز دریاچه ارومیه تنها برای سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ آورده شده است. تمامی

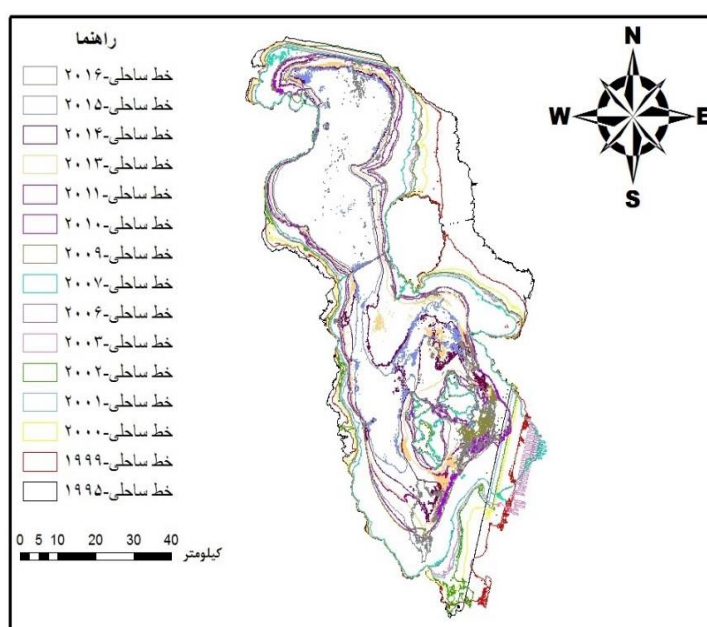
نقشه‌های پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ در مرجع (الماسی، ۱۳۹۵) ارائه گردیده است. روند تغییرات پوشش گیاهی حوضه آبریز دریاچه نیز در قالب نمودار موجود در شکل (۶)، برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ برحسب کیلومتر مربع ارائه شده است. همچنین به جهت ارزیابی خطوط ساحلی دریاچه ارومیه، تغییرات از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفت که این تغییرات به صورت shpfile در شکل (۷) مشاهده می‌شود. از طرفی نمودار روند تغییرات مساحت سطح پهنه آبی دریاچه در شکل (۸) نمایش داده شده و مورد بررسی قرار گرفته است.



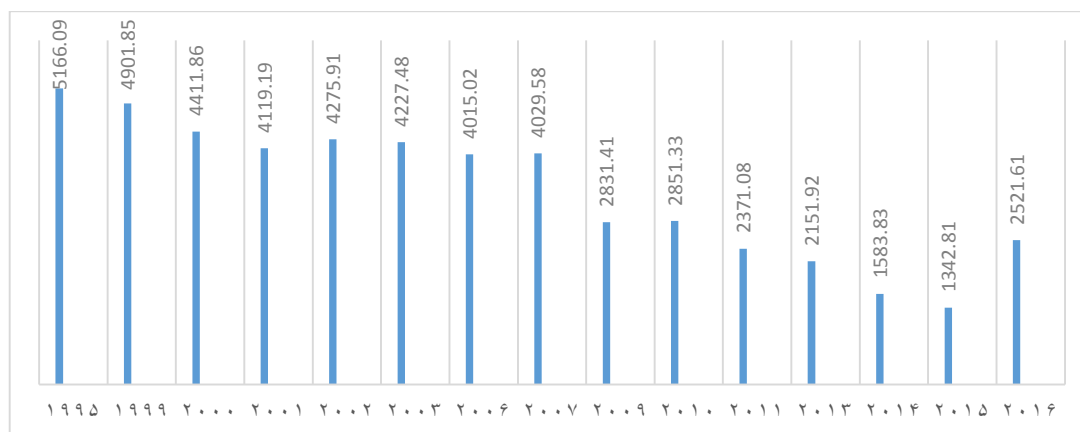
شکل ۵- نقشه پوشش گیاهی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال‌های: الف) ۲۰۰۵، ب) ۲۰۱۵



شکل ۶- روند تغییرات پوشش گیاهی حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ برحسب کیلومتر مربع



شکل ۷- تغییرات خطوط ساحلی دریاچه ارومیه از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۱۶



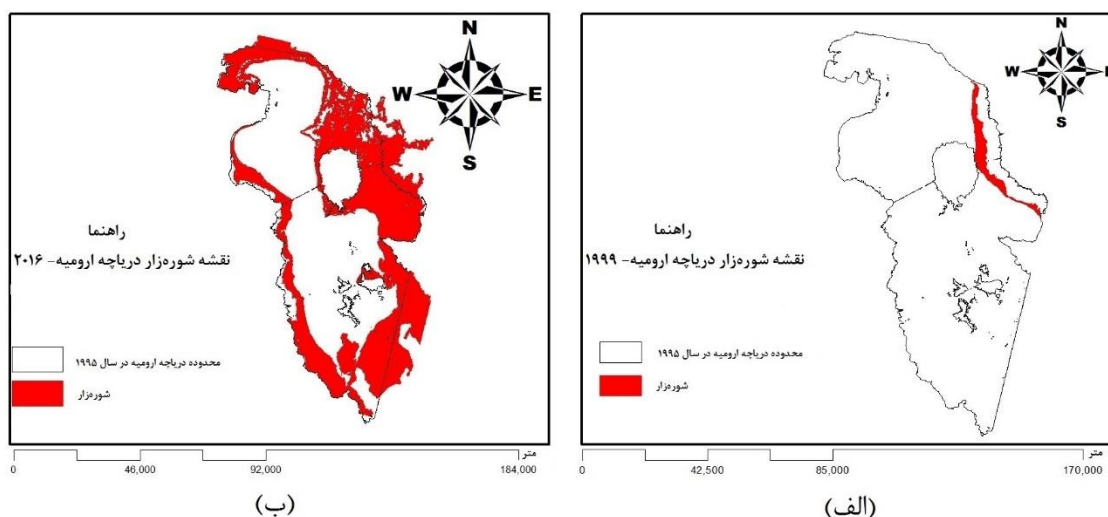
شکل ۸- تغییرات مساحت دریاچه ارومیه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶

۲-۳- بررسی مسائل شورزایی

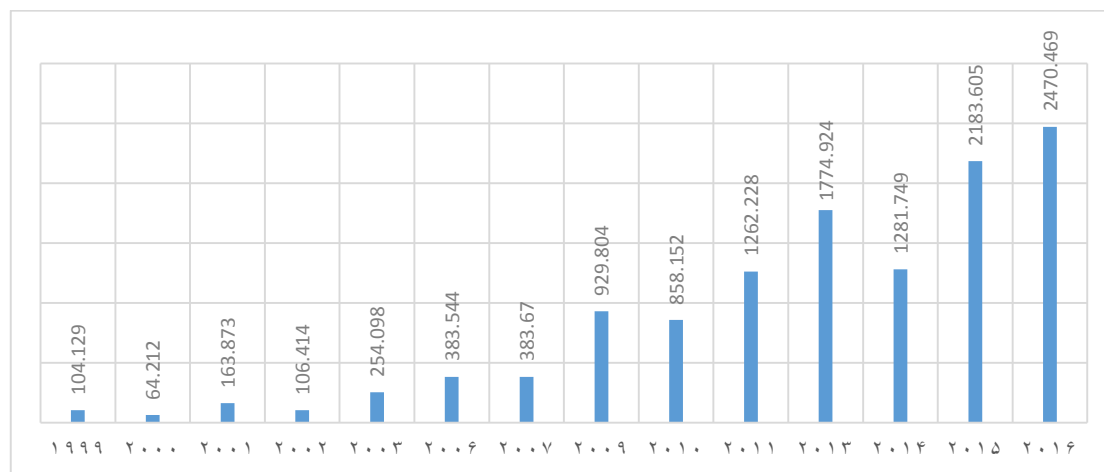
دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور جهان است. به علت شوری بالای آب دریاچه، بعد از هر پدیده خشکسالی، رسوبات نمکی تشکیل و باعث ایجاد شورزار می‌گردد (Stone, ۲۰۱۵). با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، این شورزارها به خوبی قابل رؤیت و بررسی هستند. همان طور که در بخش ۱-۲-۲ اشاره گردید، در این پژوهش به منظور بررسی مساحت و نقشه شورزارهای ایجاد شده بعد از خشکیدن قسمت‌های مختلف دریاچه، تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۹) می‌توان محدوده شورزار ایجاد شده ناشی از خشک شدن بخش‌هایی از دریاچه ارومیه را مشاهده نمود. برای مشخص‌تر کردن این محدوده و تعیین صحت‌سنجی این بخش از پژوهش، شیب فایل دریاچه ارومیه مربوط به سال ۱۹۹۵ بر روی نقشه‌های شورزار آورده شده است (به این علت که در این سال، دریاچه

بزرگ‌ترین مساحت و محدوده در بازه مورد مطالعه این بخش از پژوهش را دارا بوده است).

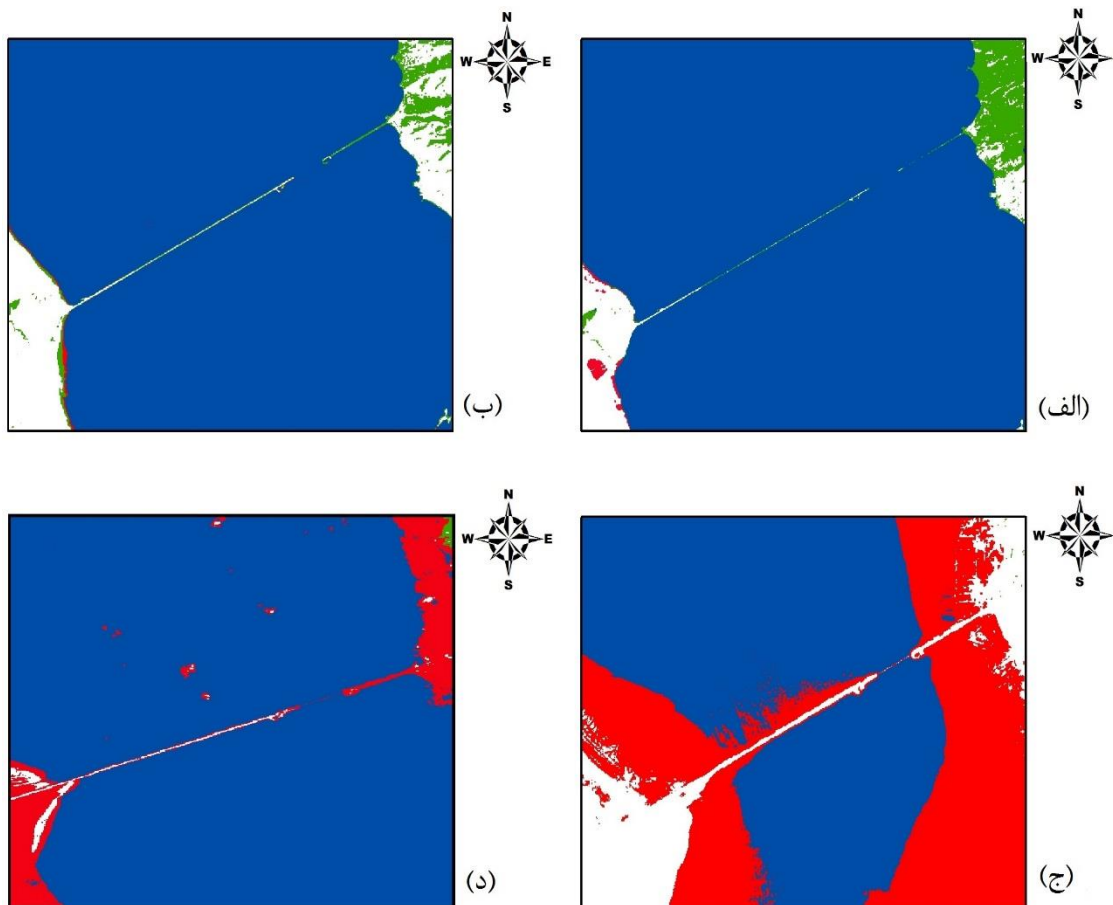
در شکل (۱۰) نمودار مقایسه مساحت شورزار اطراف دریاچه ارومیه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۶ برحسب کیلومتر مربع دیده می‌شود. روند این تغییرات افزایشی است و نکته دیگر قابل مشاهده در این تصاویر، مساحت بسیار زیاد شورزار در سال ۲۰۱۶ است، به طوری که حتی از محدوده ثبت شده در سال ۱۹۹۵ (که دریاچه بزرگ‌ترین مساحت و محدوده در بازه مورد مطالعه را داشته است) نیز تجاوز نموده است که علت آن می‌تواند انتقال رسوبات نمک به وسیله بادهای موجود تا فاصله چندین کیلومتری از دریاچه باشد. همچنین در شکل‌های (۱۱) به بررسی شورزار ایجاد شده در اطراف میان‌گذر دریاچه پرداخته شده است. در این اشکال روند تغییرات گسترش شورزار در اطراف میان‌گذر به خوبی قابل مشاهده است. در سال ۲۰۱۵ تجمع زیادی از شورزار در یال شمالی میان‌گذر مشهود است.



شکل ۹- نقشه شورزار دریاچه ارومیه در سال‌های: الف) ۱۹۹۹، ب) ۲۰۱۶ میلادی



شکل ۱۰- تغییرات مساحت شورزار ایجاد شده در اطراف دریاچه ارومیه



شکل ۱۱- نمایی از شوره‌زار ایجاد شده در اطراف میان‌گذر در سال‌های: الف) ۱۹۹۹، ب) ۲۰۰۰، ج) ۲۰۱۵، د) ۲۰۱۶

• تعیین دمای کل سطح آبی دریاچه ارومیه

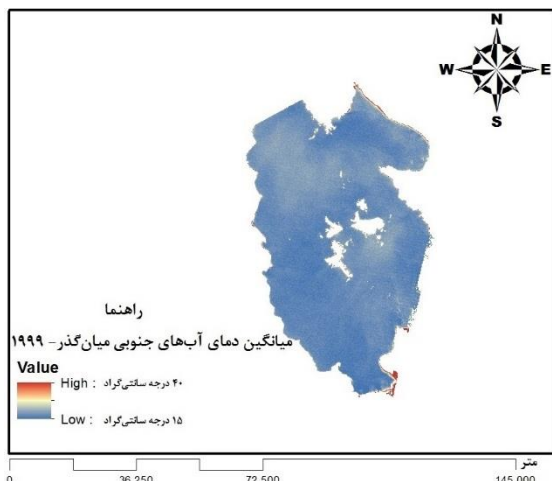
در بررسی دیگری که بر روی وضعیت تغییرات دمای توده آبی دریاچه انجام گردید، به آنالیز تغییرات میانگین دمای فصول سرد و گرم پرداخته شد. ابتدا ماه مرداد به عنوان ماه گرم و دی ماه به عنوان ماه سرد سال انتخاب شدند. در شکل‌های (۱۴) و (۱۵) می‌توان نمودار روند تغییرات میانگین دمای فصول سرد و گرم را در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ به ترتیب مشاهده نمود. دمای کل سطح آبی دریاچه ارومیه در فصل سرد سال و از تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۰۱ (۱۲ دی ۱۳۷۹) تا تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۱۵ (۱۱ دی ۱۳۹۳) مورد تحلیل و پردازش قرار گرفت. مشاهده گردید که مقادیر دما همراه با افزایش بوده و از میانگین دمای ۳/۴۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۱ به ۴/۱۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین دمای کل سطح آبی دریاچه ارومیه در فصل گرم سال و از تاریخ ۱ جولای ۲۰۰۱ (۱۰ تیر ۱۳۸۰) تا تاریخ ۱ جولای ۲۰۱۵ (۱۰ تیر ۱۳۹۴) نیز مورد تحلیل و پردازش قرار گرفت. در این حالت نیز مشاهده گردید که دما با افزایش نسبی همراه بوده است زیرا از میانگین دمای ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۱ به ۲۹/۶۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵، افزایش یافته است.

۳-۳- بررسی تغییرات دمای سطح آب دریاچه ارومیه

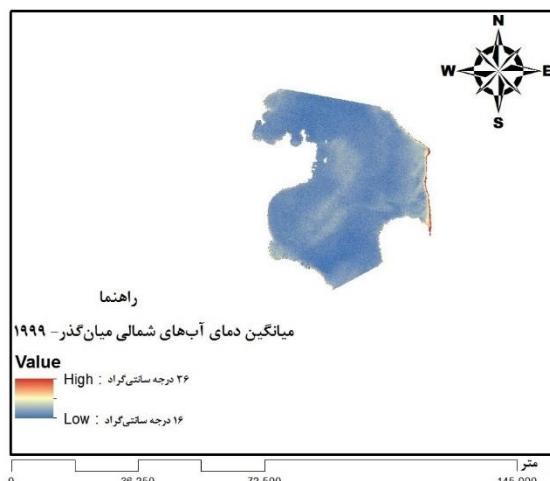
• اختلاف میانگین دمای توده آبی نیمه شمالی نسبت به نیمه جنوبی

برای تحلیل این پارامتر ابتدا محدوده دریاچه از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۱۵ مشخص شد. سپس با در نظر گرفتن پل میان‌گذر، دریاچه به دو قسمت شمالی و جنوبی در دو طرف میان‌گذر تقسیم گردید. در مرحله بعد، میانگین دمای پهنه آبی آب‌های بخش شمالی دریاچه از میانگین دمای پهنه آبی بخش جنوبی دریاچه کسر گردید. در شکل (۱۲) می‌توان دمای پهنه آبی در دو بخش شمالی و جنوبی دریاچه در سال ۱۹۹۹ و ۲۰۱۵ که به عنوان نمونه آورده شده‌اند را مشاهده نمود.

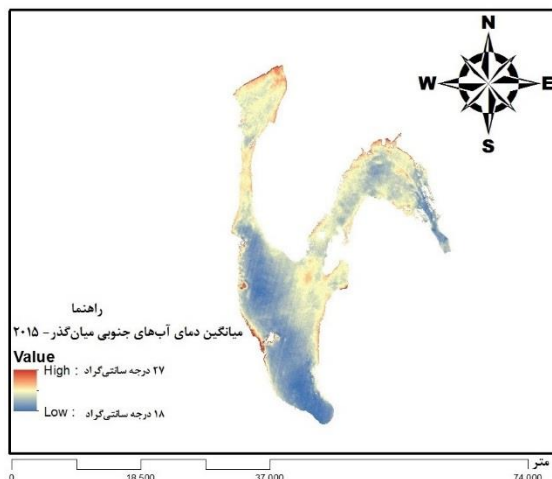
با توجه به نمودار شکل (۱۳) و تصاویر آنالیز شده، در بازه زمانی مورد مطالعه که در فصل گرم سال و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۵ می‌باشد، طی سال‌های بیشتری دمای آب‌های بخش شمالی بیشتر از آب‌های بخش جنوبی است. در حالی که، در کل بازه مورد مطالعه، دمای آب‌های بخش جنوبی در حدود ۰/۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر از آب‌های بخش شمالی بوده است.



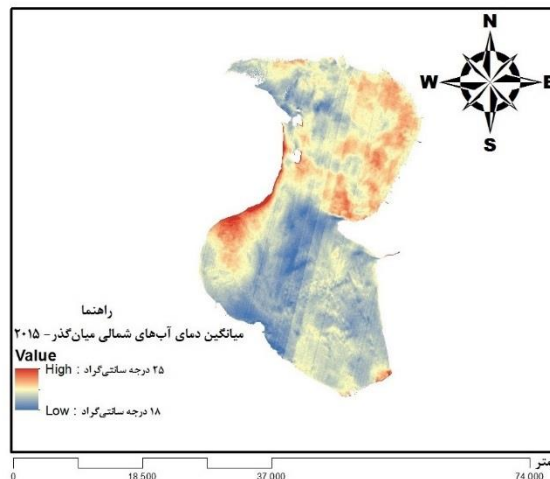
(ب)



(الف)

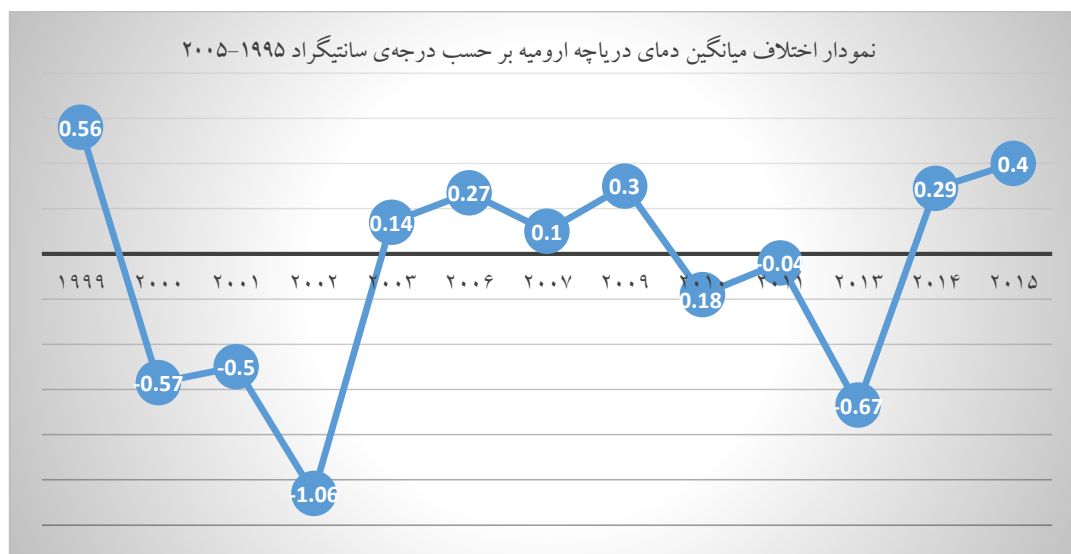


(د)

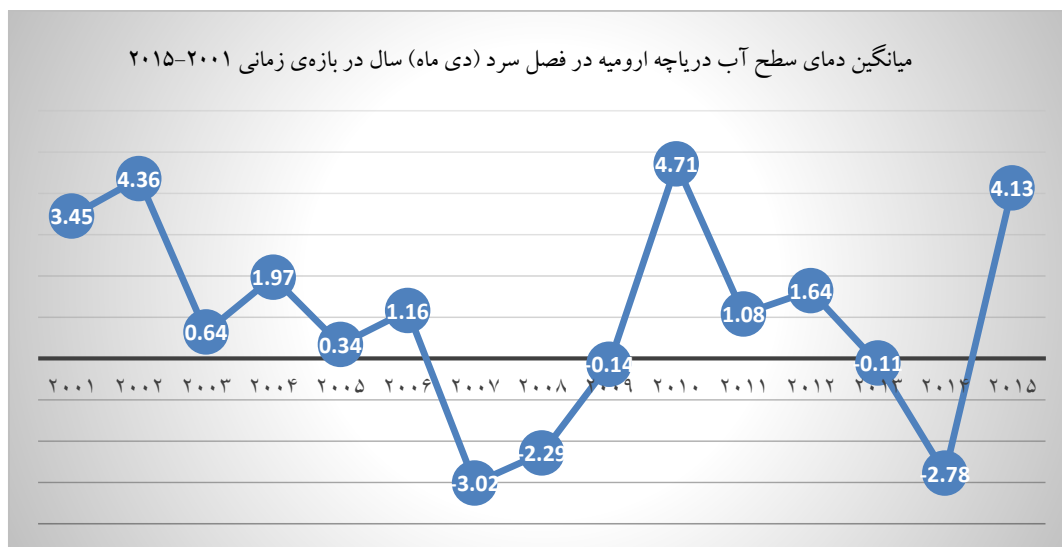


(ج)

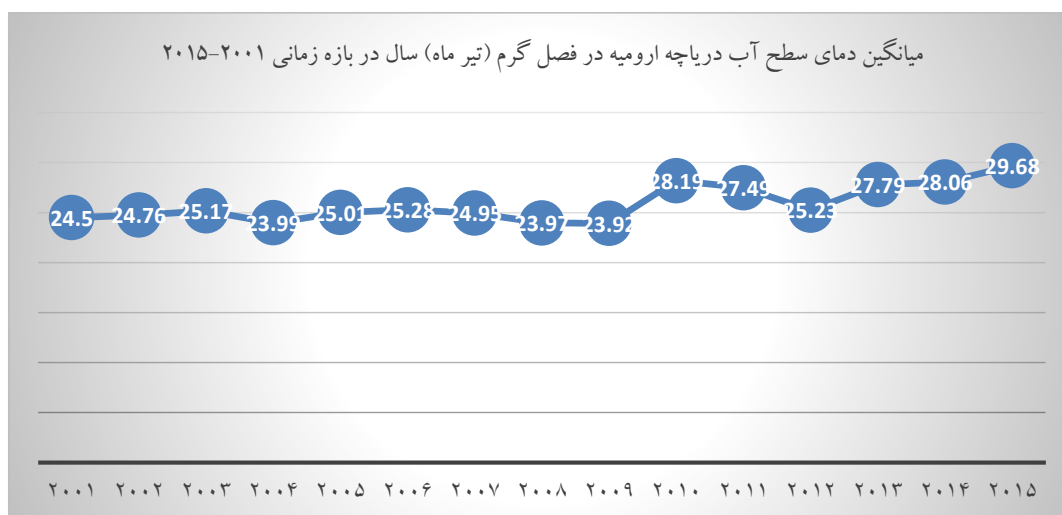
شکل ۱۲- میانگین دمای آب‌های: الف) شمالی میان‌گذر در سال ۱۹۹۹، ب) جنوبی میان‌گذر در سال ۱۹۹۹، ج) شمالی میان‌گذر در سال ۲۰۱۵، د) جنوبی میان‌گذر در سال ۲۰۱۵



شکل ۱۳- اختلاف میانگین دمای آب‌های نیمه شمالی و نیمه جنوبی دریاچه



شکل ۱۴- روند تغییرات میانگین دمای سطح آب در فصل سرد سال



شکل ۱۵- روند تغییرات میانگین دمای سطح آب در فصل گرم سال

۴- نتیجه گیری

سطح شور اطراف دریاچه از ۱۰۴/۱۲۹ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۹ به ۲۴۷۰/۴۶۹ در سال ۲۰۱۶ رسیده است. افزایش سطح شورزارها و توزیع بیش از حد نمک در محیط، اثرات نامطلوب فراوانی در پی خواهد داشت. بنابراین لازم است با شناسایی مناطق با پتانسیل شوری بالا و برنامه ریزی های مناسب، خطرات زیست-محیطی ناشی از شورزایی را کنترل و به حداقل رساند. از سوی دیگر نتایج نشان دادند که مساحت زیر کشت حوضه آبریز دریاچه ارومیه از ۳۷۱۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۵ به ۴۱۶۵ در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. بنابراین در حالی که در سال های اخیر و در محدوده مورد مطالعه، کاهش نسبی بارش تجربه گردیده ولی پوشش گیاهی آن از نظر وضعیت استفاده از منابع آبی و همچنین گسترش وسعت، شرایط فزاینده ای را طی نموده است. بنابراین با توجه به ارقام اشاره شده می توان نتیجه

بسیاری از تحقیقات و مطالعات صورت گرفته در نواحی مختلف جهان بیانگر این موضوع است که فعالیت های انسانی از جمله مهم ترین عوامل مؤثر در خشک شدن دریاچه ها و تالاب های موجود در مناطق خشک و یا نیمه خشک می باشند. دریاچه ارومیه نیز طی دهه های اخیر در حوضه آبریز خود دستخوش تغییرات شدیدی بوده است. احداث سدهای متعدد و میانگذر شهید کلانتری، تغییر کاربری و زیر کشت رفتن اراضی اطراف دریاچه و افزایش استفاده از آب های زیرزمینی و سطحی از بارزترین نمونه های این تغییرات است. همان طور که انتظار می رود، نتایج این پژوهش نشان می دهند که با گذر زمان از مساحت دریاچه ارومیه کاسته شده و بر مساحت شورزارهای اطراف آن افزوده گشته است، به طوری که مساحت

علوی پناه س ک، خدایی ک، جعفری بگلو م، "مطالعه کارایی داده‌های ماهواره‌ای در بررسی کیفیت آب در دو سوی میانگدر دریاچه ارومیه"، پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۳۸۴، شماره ۵۳، ۵۷-۶۹.

کمکی چوقی ب، "بررسی تغییرات مکانی و زمانی دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای"، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان، ۱۳۹۳.

Abbaspour M, Javod AH, Mirbagheri SA, Ahmadi Givi F, Moghimi P, "Investigation of Lake Drying Attributed to Climate Change", International Journal of Environmental Science and Technology, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 257-266.

Garousi V, Najafi A, Samadi A, Rasouli K, Khanaliloo B, "Environmental Crisis in Lake Urmia, Iran: A Systematic Review of Causes, Negative Consequences and Possible Solutions", Lake Urmia Conservation Institute, 2013.

Hoseinpour M, Fakheri Fard A, Naghili R, editors, "Death of Urmia Lake, a silent disaster investigating causes, results and solutions of Urmia Lake drying", 1st International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University, Islamic Azad University-Mashhad Branch, Iran, 2010.

<https://www.usgs.gov/products/data-and-tools/real-time-data/remote-land-sensing-and-landsat>.

Jaafari SH, Shabani AA, Daneshkar A, "Investigation of Coastline Change of the Urmia Lake using remote sensing and GIS", Aquatic Biology, 2013, 1 (5): 215-220.

Mehrian MR, Hernandez RP, Yavari AR, Faryadi S, Salehi E, "Investigating the causality of changes in the landscape pattern of Lake Urmia basin, Iran using remote sensing and time series analysis", Environmental monitoring and assessment, 2016, 188(8), 1-13.

Mitchell DE, "Identifying Salinization through Multispectral Band Analysis", Master of Spatial Analysis (MSA). Toronto, Ontario, Canada, 2013.

Pitman M, Lauchli A, "Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Salinity: Environment", Plants, Molecules, 2004, 10.1007/0-306-48155-3, Springer Netherlands, p, 3-49.

Stone R, "Saving Iran's great salt lake", Science, 2015, 349(6252), 1044-1047.

Zeinoddini M, Tofighi MA, Vafae F, "Evaluation of dike-type causeway impacts on the flow and salinity regimes in Lake Urmia, Iran", Journal of Great Lakes Research, 2009, 35, 13-22.

گرفت که در بخش کشاورزی و به منظور تأمین کسری میزان آب ناشی از تغییرات شرایط اقلیمی، استفاده و برداشت بی‌رویه از آب‌های سطحی و زیرسطحی جهت فعالیت‌های زراعی انجام گرفته است. این نتایج به صورت کمی و به طور قطعی اثبات می‌نمایند که مجموعه عوامل انسانی، مسبب اصلی بحران خشک شدن دریاچه می‌باشند.

همچنین نتایج نشان دادند که در طول بازه زمانی مورد مطالعه، دمای کل سطح آبی دریاچه چه در فصول گرم و چه در فصول سرد سال با افزایش نسبی همراه بوده است. این مسئله می‌تواند بر افزایش نیاز آبی گیاهان و همچنین میزان تبخیر از سطح دریاچه تأثیر زیادی بگذارد. مطالعه میانگین دمای آب‌های شمالی و جنوبی میان‌گذر نشان می‌دهد که در بازه زمانی مورد بررسی که در فصل گرم سال و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۵ بوده، طی سال‌های بیشتری دمای آب‌های شمالی میان‌گذر بیشتر از آب‌های جنوبی میان‌گذر است ولی در حالت کلی میانگین دمای آب‌های نیمه جنوبی در حدود ۰/۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر از آب‌های نیمه شمالی است. این نتایج برخلاف آن دسته مطالعاتی است که با بیشتر نشان دادن نسبی دمای یک نیمه از دریاچه، آن را به عنوان یکی از نتایج مهم اثرگذاری میان‌گذر بر وضعیت توده آب دریاچه، مطرح نموده‌اند. در حالی که نتایج بخش ۳-۳ این مطالعه، مبین این است که میان‌گذر تأثیر معنی‌داری بر روی تغییرات الگوی دمای نیمه شمالی و جنوبی دریاچه نداشته است.

۵- مراجع

الماسی ر، "ارزیابی بحران دریاچه ارومیه بر مبنای خصوصیات هیدرولیکی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل مکانی"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تبریز، ۱۳۹۵.

المدرسی س ع، رحیم‌آبادی ا، خضری ص، "پهنه‌بندی و مقایسه دمای سطح زمین با استفاده از دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ تصویر لندست ۸، (مطالعه موردی شهرستان بهشهر)"، همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، شهرداری یزد، ۱۳۹۳.

خادمی ف، پیرخراطی ح، شاه‌کرمی س، "مطالعه روند افزایش خاک‌های شور اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از GIS و RS" فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۴، (زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، زمستان ۱۳۹۳.

EXTENDED ABSTRACT

The evaluation of the impact of the anthropogenic factors on Lake Urmia crisis using Remote Sensing and GIS

Alireza Mojtahedi*, Ramin Almasi, Mehran Dadashzadeh

Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz 5166616471, Iran

Received: 07 October 2017; Accepted: 29 April 2018

Keywords:

Lake Urmia, satellite data, spatial analysis, anthropogenic factors.

1. Introduction

Lake Urmia is considered as one of the country's most important aquatic habitats and has experienced significant changes in recent years due to various factors, such as the climate changes (Abbaspour et al., 2012), anthropogenic activities (Zeinoddini et al., 2009) and the lack of a comprehensive management approach (Garousi et al., 2013) in the Lake Basin. Hence, the evaluation of changes in its different characteristics during decades is of great importance. In this study, changes in key parameters such as sea surface temperature, saline features and vegetation are studied using satellite imagery, remote sensing and fieldwork. The main purpose of this study is to conduct a supervised monitoring in order to evaluate Lake Urmia crisis in regard to human-involved factors such as the effects of the agriculture sector and the construction of the causeway bridge. Providing a comprehensive spatial database to determine the impact of each parameter on the Lake Urmia crisis is another objective of this study.

2. Methodology

Satellite imagery and use of modern methods based on remote sensing technology provide means of interpreting and monitoring environmental conditions, without the cost, difficulties or time consuming nature of fieldwork. Also, they have provided useful tools for the study of dynamic phenomena (Mehrian et al., 2016). Therefore, they have been taken into consideration for spatial studies in recent years. The groundwork for this study is the use of Landsat and MODIS satellite images. ENVI 5.1 and ArcGIS 10.3 software programs are used to perform correction and calibration of images and to apply analysis on them, respectively.

2.1. Study of vegetation and water area changes

The MODIS satellite product MYD13A3 is employed in Lake Urmia basin during the July 2005 to 2015 period in order to study vegetation. A false-color technique is used to separate vegetation cover in the region, after the selection of the product and the isolation of the lake's watershed. Also, this study evaluates the shoreline and water area changes of Lake Urmia in the period 1995 to 2016. For this purpose, Iso-cluster unsupervised classification is applied to the images to determine the variation of the region's surface reflection. Moreover, supervised classification is conducted by comparing the analyzed images with aerial photos and field survey.

2.2. Study of causeway bridge construction impacts

2.2.1. Study of saline features

* Corresponding Author

E-mail addresses: mojtahedi@tabrizu.ac.ir (Alireza Mojtahedi), raminalmasi@gmail.com (Ramin Almasi), mehrandadashzadeh1@gmail.com (Mehran Dadashzadeh).

In this study, Iso-cluster unsupervised classification is applied to the images to determine the variation of the region's surface reflection, and then the supervised classification is implemented by conducting field visits. To this end, the sampling of saline features around the lake is performed using GPS Garmin 62.

2.2.2. Study of changes in sea surface temperature

MODIS satellite product MOD11A2 is used to investigate the lake temperature variations. Thus, the mean sea surface temperature of Lake Urmia is separately studied in the warm season (August) and cold season (January) of the year. Additionally, the temperature changes of the lake are assessed separately for both northern and southern halves. Images obtained from Landsat 5, 7, and 8 are used for this purpose. Also, ENVI and ArcGIS software programs are used to obtain radiance and water body temperature of Lake Urmia, respectively.

3. Results and discussion

3.1. Study of vegetation and water area changes

The time frame of the present study is from 2005 to 2015, and the study area is the lake water body and its basin. The trend of vegetation changes in the watershed of the lake is displayed in Fig. 1(a) for 2005 to 2015. Also, in order to evaluate the shoreline of Lake Urmia, changes are studied from 1995 to 2016, which is visualized as shpfile in Fig. 1(b).

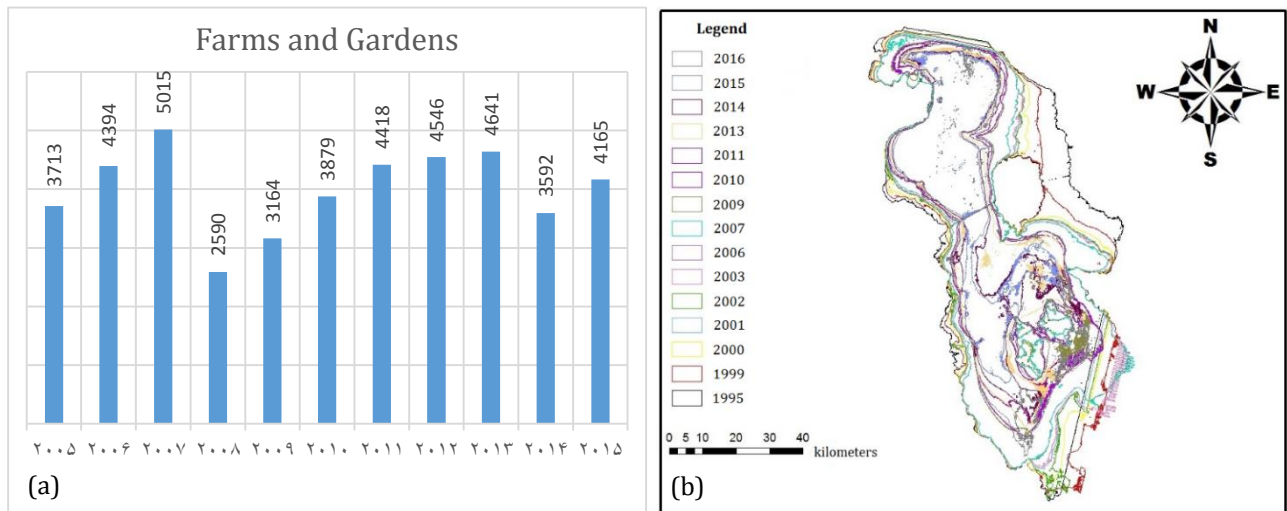


Fig. 1. (a) The trend of vegetation changes in Lake Urmia basin from 2005 to 2015 (km²), (b) Changes in the shoreline of Lake Urmia from 1995 to 2016

3.2. Study of saline features

The extent of the saline features is visualized in Fig. 2 for the years 1999 and 2016. It is observed that the trend of changes is incremental during the study period. Another point to be noted in the images is the extremely large extent of saline features in 2016, which even exceeded the recorded area of the lake in 1995. Quantitatively, saline features increased by 104.129 km² to cover an area of 2470.469 km² from 1999 to 2016.

3.3. Study of changes in sea surface temperature

The study of mean water temperature indicates that in the most recent years, the temperature of the northern waters are higher than those of the southern part in warm season during the analysis period from 1999 to 2015; however, the water temperature in the southern part is generally about 0.2 °C more than the northern part in the whole study period.

4. Conclusions

The results highlight an alarming surface water decrease during the analysis period. Furthermore, saline features has been increased dramatically due to vegetation growth and relative decrease in precipitation. Also, the temperature of the lake water surface experienced relative increase whether in warm or cold seasons, during the study period.

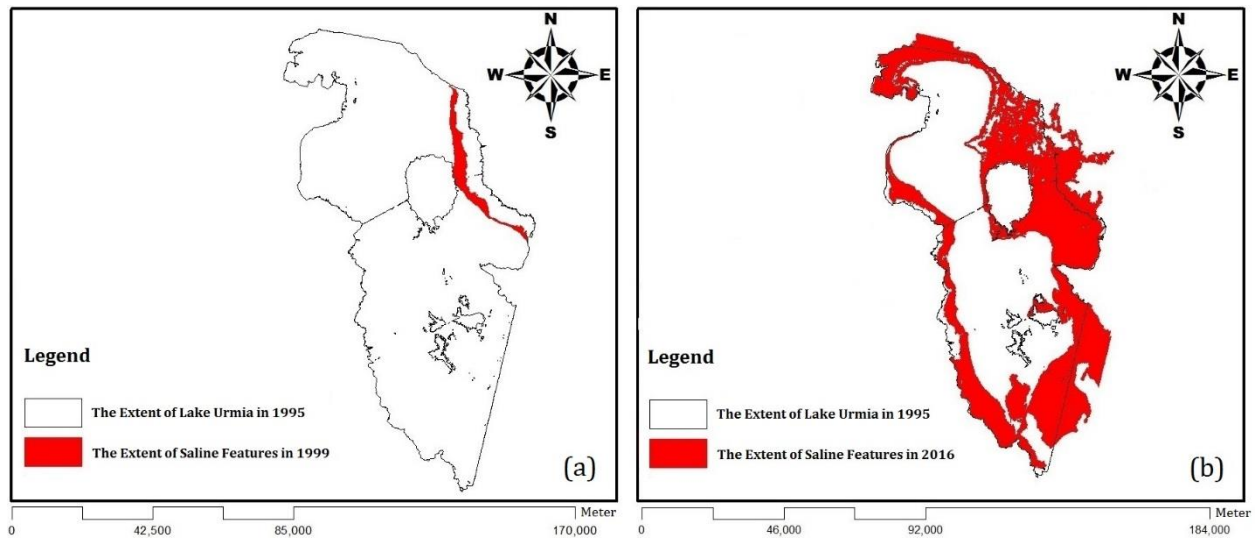


Fig. 2. Saline features map of Lake Urmia in (a) 1999, (b) 2016

5. References

- Abbaspour M, Javod A.H, Mirbagheri S.A, Ahmadi Givi F, Moghimi P, "Investigation of Lake Drying Attributed to Climate Change", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 257-266.
- Zeinoddini M, Tofighi M.A, Vafae F, "Evaluation of dike-type causeway impacts on the flow and salinity regimes in Lake Urmia, Iran", *Journal of Great Lakes Research*, 2009, 35, 13-22.
- Garousi V, Najafi A, Samadi A, Rasouli K, Khanaliloo B, "Environmental Crisis in Lake Urmia, Iran: A Systematic Review of Causes, Negative Consequences and Possible Solutions", *Lake Urmia Conservation Institute*, 2013.
- Mehrian M.R, Hernandez R.P, Yavari A.R, Faryadi S, Salehi E, "Investigating the causality of changes in the landscape pattern of Lake Urmia basin, Iran using remote sensing and time series analysis", *Environmental monitoring and assessment*, 2016, 188(8), 1-13.