

## آشکار سازی تغییرات دریاچه بختگان فارس در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶

مجید هاشمی تنگستانی\*<sup>۱</sup>، سمیه بیرانوند<sup>۲</sup>، محمدحسن طیبی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار بخش علوم زمین دانشگاه شیراز

s.beyranvand@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشگاه شیراز

mhtayebi@shirazu.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری زمین‌شناسی دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۲۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹

### چکیده

آشکار سازی تغییر، فرآیند شناسایی اختلاف در ویژگی‌های یک عارضه یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف است که می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای داشته‌باشد. در این پژوهش به منظور آشکار سازی تغییرات کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان استان فارس در بازه زمانی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶ از روش ترکیبی سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده‌است. بدین منظور پس از تصحیح‌های هندسی و جوی تصویرهای ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم بیشترین احتمال در پنج رده پهنه آب، زمین زراعی، بوته‌زار، زمین بایر و شوره‌زار رده‌بندی و نقشه کاربری و پوشش منطقه تهیه شد. سپس برای برآورد آماری تغییرات، خروجی داده‌ها با استفاده از روش رده‌بندی پس‌پردازشی مقایسه شدند. از آنجا که در مناطق نیمه‌خشک نوسان در بارندگی بیشترین تأثیر را در تغییر شرایط اکولوژیک دریاچه دارد، تأثیر این عامل بر مساحت پهنه آب دریاچه بررسی شده‌است. این مطالعه نشان‌داد که تغییر کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه با تغییر پهنه آب دریاچه در ارتباط است و هرگاه در یک بازه زمانی مساحت پهنه آب کاهش یابد، مساحت زمین بایر و پهنه شوره‌زار افزایش می‌یابد، که بیانگر خشک شدن دریاچه است. مقایسه پهنه آب دریاچه در این فاصله زمانی ۵۱ ساله نشان‌دهنده کاهش کلی مساحت آن به میزان ۲۹۶ کیلومترمربع است. دقت کلی و ضریب کاپای محاسبه شده برای خروجی داده‌ها نشان‌دهنده بیشترین دقت رده‌بندی در داده‌های ETM و کمترین دقت در تصویر MSS است.

### کلیدواژه

آشکار سازی تغییر، استر، پوشش زمین، دریاچه بختگان، کاربری زمین، لندلست.

### ۱. سر آغاز

گونه پرنده، ۳۶ گونه خزنده و ۲۳ گونه ماهی در محدوده بختگان شناسایی شده که جاذبه ارزشمندی برای گردشگران و پژوهشگران است (فتولی، ۱۳۸۱). پیش از این محققان مختلف منطقه بختگان را از جنبه‌های گوناگون بررسی کرده‌اند. علمداری (۱۳۷۴) در مطالعات لیمنولوژی و حفظ تعادل اکولوژیک دریاچه، دبی آب و میزان رسوب‌گذاری جریان‌های ورودی را بررسی کرده و مطالعاتی در مورد مسیر رودخانه کر و سیوند انجام

دریاچه بختگان با ۷۷ کیلومتر طول، پهنای میانگین حدود ۱۰ کیلومتر و مساحتی حدود ۷۵۰ کیلومترمربع دومین دریاچه بزرگ ایران است (درویش‌زاده، ۱۳۷۳) که در نواحی شرقی استان فارس قرار دارد. از جمله جاذبه‌های طبیعی این منطقه می‌توان به دریاچه‌های بزرگ آب شور بختگان و طشک، دلتای رودخانه کر و تالاب‌های گمبان و سهل آباد اشاره کرد. در مجموع ۴۶ گونه پستاندار، ۲۱۸

در این مطالعه از عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه، که در تاریخ 1956/06/3 گرفته شده، و تصاویر سنجنده‌های MSS 1976/06/28, TM 1990/05/9, ETM<sup>+</sup> 2005/05/13, ASTER 2007/06/15 استفاده شده‌است. تغییرات پهنه آب دریاچه و همچنین تغییرات پوشش اطراف دریاچه بختگان در فاصله سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶ بررسی و ارتباط آنها با میزان بارندگی در سال مورد نظر تعیین شده‌است. انتخاب نوع روش و الگوریتم برای ارزیابی و کشف تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل تأثیری که بر نتیجه آشکارسازی دارد، اقدامی مهم و اساسی است. در این پژوهش از روش رده‌بندی بیشترین احتمال برای رده‌بندی تصاویر و از روش مقایسه پس‌پردازشی به منظور برآورد آماری تغییرات دریاچه بختگان و محدوده پیرامون آن استفاده شده‌است. تاکنون محققان بسیاری با استفاده از این روش به آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش زمین در مناطق مختلف جهان پرداخته‌اند (Ebenezer, 2009; Doydee, 2005; Kaise, 2009; Kanyamanda, 2010; Jung, 2009; Prakasam, 2010; Dewidar, 2003; Zoran, 2006; Baysaikh, 2001) همچنین روش ترکیبی سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تعیین مساحت نقشه کاربری و پوشش زمین و آشکارسازی روند تغییرات آنها روشی دقیق و کارآمد است (Mengistu, 2007; Reis, 2008; Dewan, 2009) منطقه مورد مطالعه در ۱۸ کیلومتری غرب شهر نیریز استان فارس، در طول‌های شرقی ۲° ۵۴' - ۴° ۵۳' و عرض‌های شمالی ۶° ۲۹' - ۲° ۲۹'، واقع شده‌است. دریاچه بختگان در فرونشستی نسبتاً بلند در کوه‌های زاگرس قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد ۱۵۵۸ متر است. شهر نیریز در منطقه‌ای استپی قرار دارد که از ویژگی‌های آن می‌توان به بارندگی سالیانه ۲۰۰ تا ۲۳۰ میلی‌متر اشاره کرد. میانگین دمای سالانه بر حسب ارتفاع از سطح دریا متغیر و از ۳۷+ تا ۵- درجه سلسیوس در نوسان است. منطقه مطالعاتی اقلیم سرد و خشک دارد، به گونه‌ای که طول دوره مرطوب در آن حدود ۴ تا ۵ ماه و طول دوره خشک ۷ تا ۸ ماه

داده‌است. با مطالعه رابطه بین ارتفاع از سطح دریا و وسعت دریاچه، که به مدت ۲ سال از راه آماربرداری صحرائی و استفاده از عکس‌های هوایی به دست آمده‌است، مشخص شد که نوسانات آب دریاچه در طول ۲ سال بین ۰/۵ تا ۳ متر متغیر بوده‌است (علمداری، ۱۳۷۵). علمداری (۱۳۷۵) با بررسی پوشش گیاهی اطراف دریاچه نشان داد که این پوشش نواری شکل، سواحل دریاچه را پوشانده و تراکم آن در غرب، جنوب غرب و شمال نسبت به شمال غرب و شمال شرق دریاچه بختگان بیشتر است.

با اینکه دریاچه بختگان دومین دریاچه بزرگ و چهارمین تالاب کشور و یکی از زیستگاه‌های پرندگان مهاجر است، از گذشته تا کنون مطالعه‌ای در زمینه آشکارسازی تغییرات آن صورت نگرفته‌است. تحقیق حاضر اولین مطالعه در زمینه آشکارسازی تغییرات سطح آب، کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان در یک بازه زمانی ۵۱ ساله محسوب می‌شود. آشکارسازی تغییر، فرآیند شناسایی اختلاف در ویژگی‌های یک عارضه یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف است که می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای داشته‌باشد. با استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییر در سنجنش از دور می‌توان نقشه کاربری و پوشش زمین منطقه را تهیه و نرخ تغییرات را بررسی کرد. کارآیی سنجنش از دور در مقایسه داده‌های چندزمانه ماهواره‌ای، این فن‌آوری را به بهترین ابزار کشف تغییرات تبدیل کرده‌است. تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع این امکان را فراهم می‌کنند که سطح زمین در مناطق مختلف به طور پیاپی مطالعه شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های استخراج اطلاعات از این تصاویر، رده‌بندی است. این روش امکان تولید اطلاعاتی مانند نقشه کاربری و پوشش و در نتیجه ارزیابی تغییرات آنها در گذر زمان را برای کاربران فراهم می‌کند. در آشکارسازی تغییرات یک منطقه باید در نظر داشت که تصاویر مورد استفاده مربوط به یک فصل از سال باشند تا تغییرات به درستی تعیین شود.

هندسی آنها از روش دورگه استفاده شده که ترکیبی از روش‌های ترمیم تصویر به نقشه و تثبیت تصویر بر تصویر است. پس از تصحیح هندسی تصویر  $ETM^+$  بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ سایر تصاویر بر آن تثبیت شدند. برای ایجاد تصویر جدید با استفاده از روش متداول نزدیک‌ترین همسایگی نمونه‌برداری مجدد انجام شد. خطای جوی نیز سبب می‌شود که ارزش روشنایی پیکسل‌های تصویر از مقدار واقعی آنها فاصله بگیرد و در نتیجه منجر به ایجاد خطا در آشکارسازی تغییرات شود. امروزه انواع روش‌های تصحیح جوی نسبی و مطلق برای حذف تأثیرات جوی از مجموعه داده‌های طیفی به‌کار می‌رود. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در ناحیه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و اثرات جوی در آن کم است، در این مقاله به جای استفاده از روش مطلق از روش نسبی کالیبراسیون بازتاب نسبی میانگین داخلی استفاده شده است. در این روش یک طیف میانگین از کل فریم محاسبه شده و به عنوان طیف مرجع به طیف‌های هر پیکسل در تصویر تقسیم شده است تا بازتاب‌های آشکار (واقعی) و نرمال حاصل شود. روش‌های تصحیح جوی مطلق نیاز به توصیف مؤلفه‌ها در پروفیل جوی دارد. در صورتی که پروفیل‌های جوی به مقدار کافی در دسترس باشند، خروجی این روش‌ها تصویری است که بازتاب پیکسل‌های زمینی را آشکار می‌کند. پس از تصحیحات تصاویر رده‌بندی شدند.

به‌طور کلی روش‌های رده‌بندی به دسته‌های پارامتریک، غیر پارامتریک و غیرمتریک تقسیم می‌شوند (Belward et al., 1990). روش رده‌بندی پارامتریک توزیع آماری داده‌های آموزشی در رده‌های تصویر را در نظر می‌گیرد و از یک مدل آماری برای توزیع پیکسل‌ها در رده‌ها استفاده می‌کند. این روش خصوصیات آماری رده‌های آموزشی تصویر را در هر باند در نظر می‌گیرد. برای مثال می‌توان به خصوصیات آماری میانگین و انحراف معیار پیکسل‌ها اشاره کرد. این امر در اختصاص پیکسل‌ها به رده‌های

است. رود کر به عنوان رود اصلی و دائمی و تأمین‌کننده آب دریاچه بختگان از بلندی‌های جنوب غرب دهبید، که به نام کوهستان برآفتاب و موسی‌خانی معروفند، سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوندیافتن با رود شادکام از شمال غرب به جنوب شرق جریان می‌یابد و تا رسیدن به دریاچه آبراهه‌های بسیار دیگری نیز به آن می‌پیوندد. پلانکتون‌های گیاهی، دیاتومه‌ها، جلبک‌های آبی، سخت‌پوستان، حشرات، نرم‌تنان، نماتودها، روتاتوریان و پروتوزوا در دریاچه یافت می‌شوند (علمداری، ۱۳۷۵). این منطقه بخش‌هایی از پوشش گیاهی ایران - تورانی دارد و درمنه و گون از مهم‌ترین گیاهان این منطقه به شمار می‌روند. تعدد گونه‌های گیاهی و تعداد زیاد گونه‌های آندمیک و گونه‌های انحصاری در محدوده مطالعاتی بختگان حاکی از اهمیت ویژه این عرصه زیستی است. کاربری غالب دشت‌های منطقه به صورت زراعت آبی و باغ است. زمین‌های حاشیه دریاچه به دلیل محدودیت‌های شوری و زهکشی بایرند (فتولی، ۱۳۸۱).

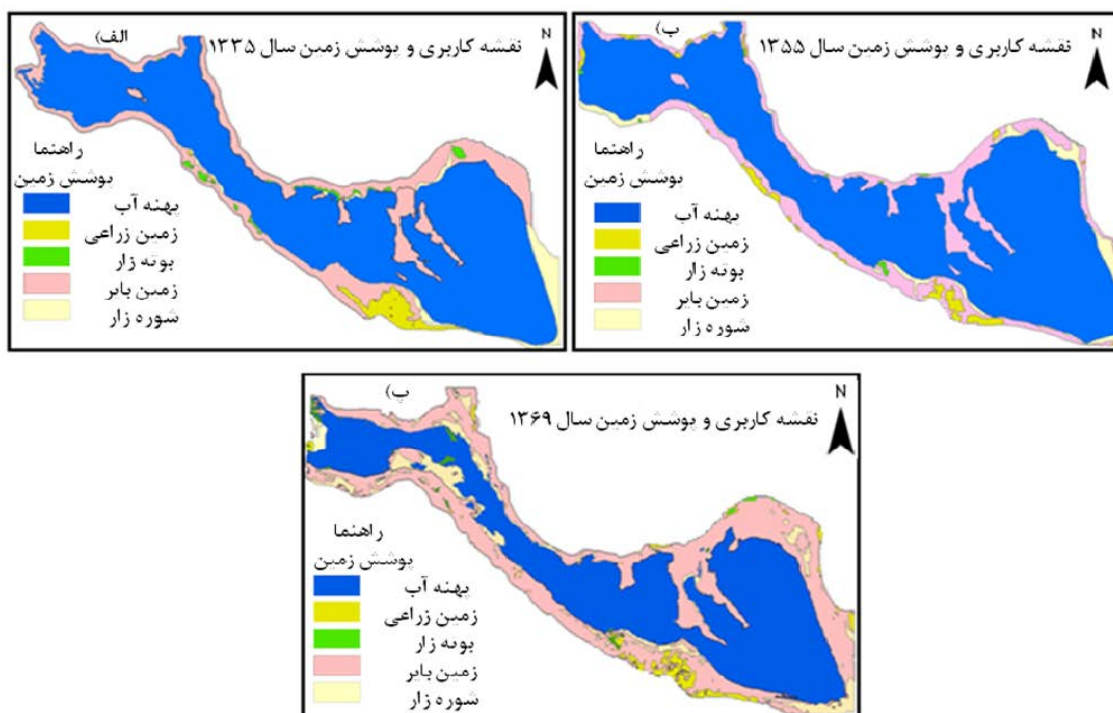
### مواد و روش بررسی

از روش‌های آشکارسازی تغییر در سنجش از دور می‌توان برای نقشه‌برداری کاربری و پوشش زمین و تعیین نرخ تغییرات آن استفاده کرد. در این تحقیق با استفاده از عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۳۵ (قدیمی‌ترین منبع در دسترس) و تصاویر سنجنده‌های MSS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۹،  $ETM^+$  سال ۱۳۸۴ و ASTER سال ۱۳۸۶، تغییرات دریاچه بختگان و محدوده پیرامون آن در بازه زمانی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶ بررسی شده است.

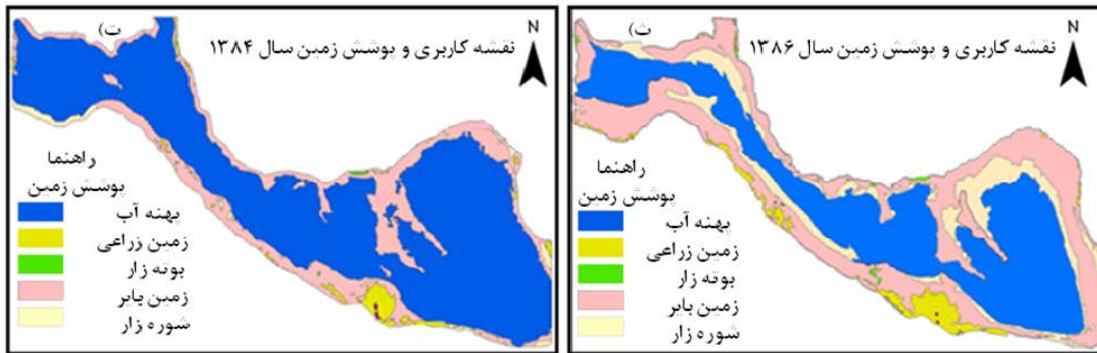
ابتدا از عکس‌های هوایی برای تهیه نقشه کاربری و پوشش و تعیین محدوده دریاچه در سال ۱۳۳۵ استفاده شد. از آنجا که در روش‌های آشکارسازی تغییرات از دو یا چند تصویر استفاده می‌شود، این تصاویر بایستی کاملاً از نظر هندسی بر یکدیگر قابل انطباق باشند. به منظور تصحیح

کمی است (Kushla, 1996). در این روش ابتدا تصاویر تاریخ‌های مختلف با یکی از روش‌های مرسوم رده‌بندی می‌شود. سپس پیکسل‌های متناظر تصویرها با یکدیگر مقایسه و نتایج عددی در ماتریس آشفتگی ارائه و تحلیل می‌شوند. به منظور آشکارسازی تغییرات در منطقه مطالعاتی، با استفاده از روش مقایسه پس‌پردازشی، تصاویر دو به دو با هم مقایسه شدند. برای مقایسه پوشش‌های زمین در دو مقطع زمانی ۱۳۳۵ و ۱۳۸۶ نقشه GIS ready شده حاصل از عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ با تصویر ASTER مقایسه و میزان تغییرات در یک فاصله زمانی ۵۱ ساله محاسبه شد. سپس با استفاده از دقت‌های کلی و ضرایب کاپای محاسبه‌شده برای خروجی داده‌ها دقت رده‌بندی برای تصاویر مختلف محاسبه شد. در ادامه به منظور تعیین تأثیر بارندگی بر میزان آب دریاچه میانگین سالیانه بارش برای دوره زمانی مورد مطالعه محاسبه و ارتباط آن با پهنه آب دریاچه بررسی شد.

مناسب خود، با توجه به ویژگی‌های آماری آنها، یک مزیت به شمار می‌آید. یکی از متداول‌ترین روش‌های رده‌بندی پارامتریک، روش بیشترین احتمال است که در این پژوهش به‌کار گرفته شده و دقت حاصل از آن محاسبه و بررسی شده است. الگوریتم بیشترین احتمال، هر پیکسل مجهول را به محتمل‌ترین رده اختصاص می‌دهد. در این روش فرض بر این است که توزیع داده‌های آموزشی هر رده نرمال باشد. در این مقاله تصاویر تهیه شده در تاریخ‌های مختلف به پنج رده پهنه آب، پوشش زراعی، بوته‌زار، زمین بایر و شورزار تقسیم شد. رده پهنه آب نیز خود به دلیل تفاوت انعکاس در اعماق مختلف آب به سه گروه پهنه آب با عمق کم، متوسط و عمیق تقسیم و مجموع آنها به عنوان پهنه آب در نظر گرفته شد. پس از تبدیل فرمت خروجی‌ها به فرمت قابل استفاده در سامانه اطلاعات جغرافیایی، مساحت پوشش زمین در هر مقطع زمانی به شکل جداگانه محاسبه شد. به منظور برآورد آماری تغییرات از روش مقایسه پس‌پردازشی استفاده شد که متداول‌ترین روش



شکل ۱. نقشه‌های کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان الف) برگرفته از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۵، ب) برگرفته از تصویر MSS سال ۱۳۵۵ و پ) برگرفته از تصویر TM سال ۱۳۶۹



شکل ۲. نقشه‌های کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان تهیه شده به روش رده‌بندی بیشترین احتمال،  
(ت) ETM+ سال ۱۳۸۴ و (ث) ASTER سال ۱۳۸۶

## نتایج

دلیل عمده این امر نوسان در بارندگی شناخته شده است. از آنجا که نوسان در بارندگی بیشترین تأثیر را در تغییر پهنه آبی و شرایط اکولوژیک دریاچه دارد، سعی شده است به این عامل با جزئیات بیشتری پرداخته شود. به منظور تعیین تأثیر میزان بارندگی بر مساحت پهنه آب دریاچه بختگان از داده‌های چهار ایستگاه باران‌سنجی ارسنجان، نیریز، آباده‌طشک و سهل‌آباد استفاده شد. به دلیل فقدان داده‌های بارندگی پیش از سال ۱۳۵۵ میانگین سالیانه بارش برای دوره زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶ محاسبه و با تغییر پهنه آب دریاچه مقایسه شد (جدول ۱).

بررسی‌ها نشان داد که در بازه‌های زمانی با میزان بارش کم از مساحت پهنه آب دریاچه نیز کاسته شده است. در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴، که میانگین سالیانه بارش بیشینه بوده است، دریاچه بختگان نیز بیشینه مساحت پهنه آب را داشته است (شکل ۳).

نقشه‌های رده‌بندی تصاویر نشان داد که پهنه آب دریاچه در بازه‌های زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶، ۱۳۶۹ تا ۱۳۵۵ و ۱۳۶۹ تا ۱۳۳۵ به ترتیب تغییری به میزان ۳۴۰-، ۲۵۹، ۱۲۷- و ۴۰ کیلومتر مربع و در مدت ۵۱ سال (۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶) کاهش به میزان ۲۹۶ کیلومتر مربع داشته است. مساحت پهنه آب دریاچه در سال ۱۳۳۵، ۷۲۸ کیلومتر مربع محاسبه شد. مساحت این رده برای سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۴، ۱۳۶۹ و ۱۳۵۵ به ترتیب ۴۳۲، ۷۶۱، ۵۰۸ و ۷۶۷ کیلومتر مربع تعیین شد. نتایج نشان می‌دهند که در

از تفسیر عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۵ و پردازش تصاویر ماهواره‌ای MSS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۹، ETM سال ۱۳۸۴ و ASTER سال ۱۳۸۶ نقشه کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان در پنج رده پهنه آب، پوشش زراعی، بوته‌زار، زمین بایر و شوره‌زار برای سال‌های مربوطه به دست آمد. شکل‌های ۱ و ۲ نقشه‌های کاربری و پوشش دریاچه بختگان و پیرامون آن را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

نقشه‌های کاربری و پوشش زمین به دست آمده برای سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهند که پهنه آب دریاچه به وضوح تغییر یافته و این رده نسبت به دیگر رده‌ها بیشترین تغییر را داشته است. بیشترین مساحت آب در نقشه به دست آمده از تصویر MSS و کمترین مساحت آن در نقشه حاصل از تصویر TM مشاهده می‌شود. تغییر مساحت رده‌های شوره‌زار و زمین بایر در ارتباط با تغییر پهنه آب دریاچه بوده است. در سال‌هایی که پهنه آب دریاچه کاهش یافته، بر مساحت رده‌های شوره‌زار و زمین بایر افزوده شده است.

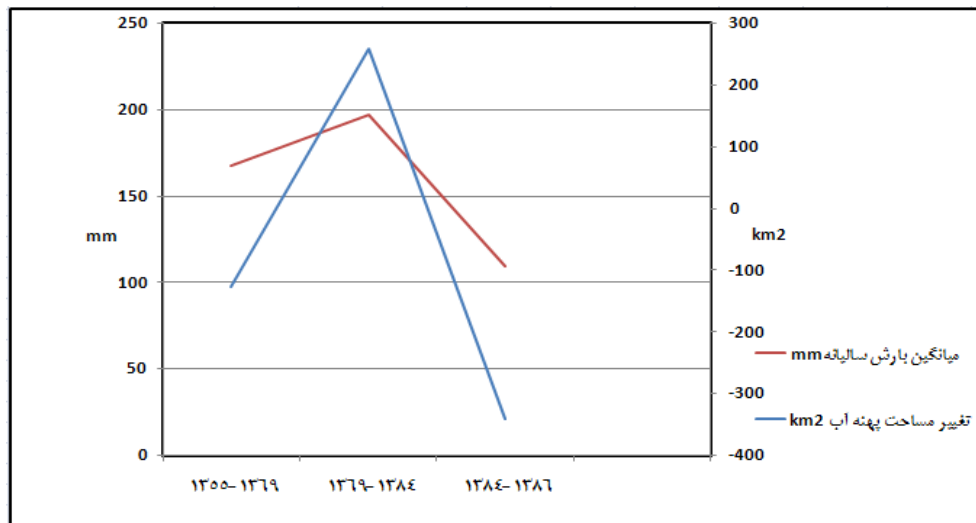
نقشه به دست آمده از تصویر سنجنده ASTER نسبت به دیگر تصاویر افزایش چشمگیری را در رده پوشش زراعی نشان می‌دهد. نقشه‌های کاربری و پوشش زمین برای سال‌های مورد بررسی نشان داد که رده پهنه آب نسبت به دیگر رده‌ها بیشترین تغییر مساحت را داشته است. روند تغییر در پهنه آب دریاچه فرایندی خطی نیست و

شکل ۴ نشان می‌دهد که تغییر پهنة شورزار در ارتباط با تغییر پهنة آب دریاچه بوده، و در بازه زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۹، که دریاچه دارای کمترین مقدار آب بوده است، پهنة شورزار بیشینه شده و در بازه‌های زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴ و ۱۳۳۵ تا ۱۳۵۵، که میزان آب دریاچه افزایش داشته، پهنة شورزار کاهش یافته است.

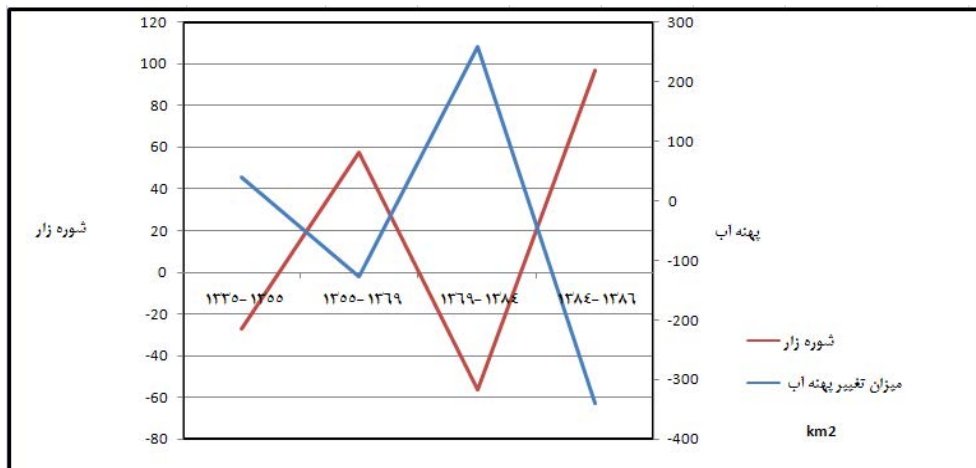
سال ۱۳۵۵ دریاچه بختگان دارای بیشترین مساحت پهنة آب بوده و کمترین مساحت پهنة آب مربوط به سال ۱۳۶۹ است. در سال ۱۳۸۴ به دلیل بارندگی‌های زیاد در منطقه پهنة آب افزایش چشمگیری داشته است. مطالعات زمین‌شیمیایی دریاچه بختگان نشان می‌دهد که این دریاچه دارای ترکیب شیمیایی کلرورسدیم، کلرورمنیزیم و سولفات سدیم است (درویش‌زاده، ۱۳۷۳).

جدول ۱. تأثیر بارندگی بر میزان مساحت پهنة آب دریاچه بختگان در بازه زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶

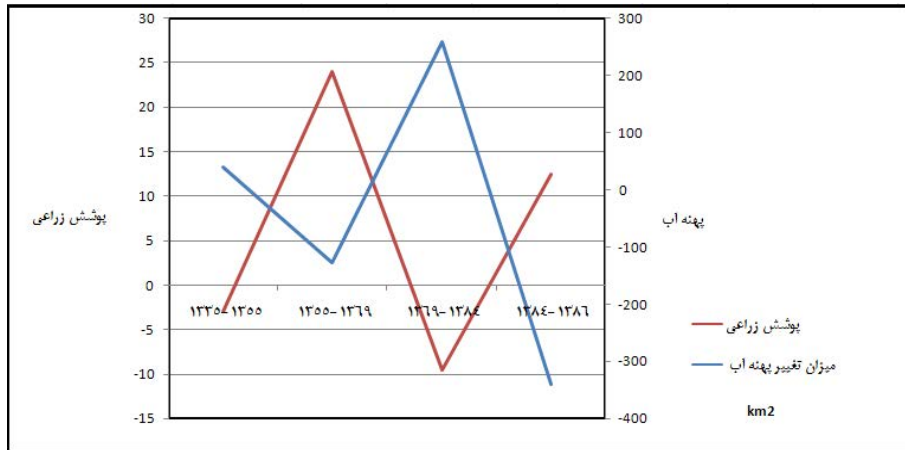
تغییر مساحت پهنة آب (km <sup>2</sup> )	میانگین بارش سالیانه (mm)	بازه زمانی
-۱۲۷	۱۶۸	۱۳۵۵ - ۱۳۶۹
۲۵۹	۱۹۷	۱۳۶۹ - ۱۳۸۴
-۳۴۰	۱۱۰	۱۳۸۴ - ۱۳۸۶



شکل ۳. مقایسه میزان بارش با مساحت پهنة آب دریاچه بختگان در بازه زمانی ۱۳۵۵ - ۱۳۸۶



شکل ۴. ارتباط بین مساحت پهنة آب دریاچه بختگان و مساحت پهنة شورزار طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶



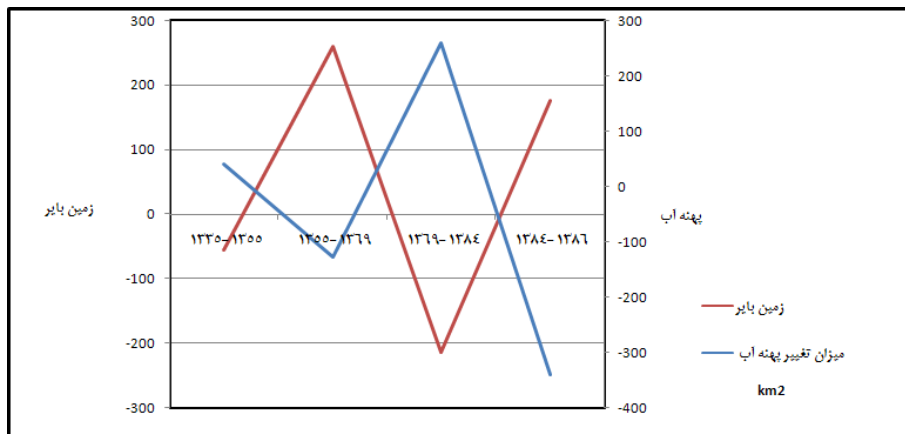
شکل ۵. ارتباط بین مساحت پهنه آب دریاچه بختگان و مساحت پوشش زراعی در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶

می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۶۹ که دریاچه دارای بیشینه سطح آب بوده مساحت زمین بایر به میزان ۲۱۴ کیلومتر مربع کاهش داشته‌است. مساحت زمین‌های بایر در بازه‌های زمانی ۱۳۸۶-۱۳۸۴، ۱۳۸۴-۱۳۶۹، ۱۳۶۹-۱۳۵۵، ۱۳۵۵-۱۳۳۵ به ترتیب ۱۷۶، ۲۱۴، ۲۵۹ و ۵۵- کیلومتر مربع بوده‌است. در محدوده زمانی ۱۳۸۶-۱۳۳۵، مساحت زمین‌های بایر افزایشی به میزان ۱۳۰ کیلومتر مربع داشت. هرگاه در یک بازه زمانی مساحت پهنه آب کاهش یافته، مساحت زمین بایر افزایش داشته‌است (شکل ۶).

جدول ۲ نشان می‌دهد که پوشش گیاهان خودرو (رده بوت‌ه‌زار) نیز مانند رده پوشش زراعی در بازه‌های زمانی‌ای که مساحت پهنه آب دریاچه کاهش یافته، افزایش داشته‌است و در مقابل در بازه‌های زمانی که مساحت آب دریاچه افزایش یافته، مساحت رده پوشش بوت‌ه‌زار کاهش داشته‌است. این امر به شور بودن آب دریاچه مربوط است که عامل نامساعدی برای رشد گیاهان به حساب می‌آید.

شکل ۵ ارتباط بین مساحت پهنه آب و پوشش زراعی را در محدوده زمانی مطالعه شده نشان می‌دهد. بر این اساس هرگاه میزان آب دریاچه زیاد شده‌است، زمین‌های زیر کشت در کمترین حد خود قرار داشته و در بازه زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۹ که پهنه آب کم شده‌است، زمین‌های کشاورزی دارای بیشترین وسعت بوده‌اند. پیشروی آب شور عامل نامساعدی برای فعالیت کشاورزی محسوب می‌شود و با افزایش پهنه آب مساحت زمین‌های زیر کشت کاهش می‌یابد (مجللی، ۱۳۶۶). در این مطالعه مساحت پوشش زراعی در بازه‌های زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶، ۱۳۸۶ تا ۱۳۶۹، ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۴، ۱۳۸۴ تا ۱۳۵۵ و ۱۳۳۵ تا ۱۳۵۵ به ترتیب ۹/۵-، ۲۴ و ۳- کیلومتر مربع محاسبه شده‌است. مساحت این پوشش در فاصله زمانی ۵۱ سال، ۱۲ کیلومتر مربع افزایش نشان می‌دهد.

آشکارسازی تغییرات در منطقه همچنین نشان داد که با کاهش پهنه آب دریاچه، مساحت زمین بایر افزایش



شکل ۶. ارتباط بین مساحت پهنه آب دریاچه بختگان و مساحت زمین بایر در محدوده زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶

جدول ۲. مساحت پوشش زمین در محدوده مطالعاتی بر حسب کیلومتر مربع در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶

بازه زمانی	پهنه آب	پوشش زراعی	بوتهزار	شورهزار	زمین بایر
۱۳۳۵-۱۳۵۵	۴۰	-۳	-۵	-۲۷	-۵۵
۱۳۵۵-۱۳۶۹	-۱۲۷	۲۴	۴/۵	۵۸	۲۵۹
۱۳۶۹-۱۳۸۴	۲۵۹	-۹/۵	-۴	-۵۶	-۲۱۴
۱۳۸۴-۱۳۸۶	-۳۴۰	۱۲/۵	۱	۹۷	۱۷۶
۱۳۸۶-۱۳۵۵	-۲۰۹	۲۷	۱/۵	۹۹	۲۲۱
۱۳۸۶-۱۳۳۵	-۲۹۶	۱۲	-۵/۵	۷۱	۱۳۰

درصد، برای تصویر  $ETM^+$  ۹۳/۹ و ۰/۹۲ درصد و برای تصویر ASTER ۹۲/۷ و ۰/۹۰ درصد تعیین شد. دقت Producer در مورد هر یک از انواع مناطق تعیین شده در تصویر از تقسیم تعداد پیکسل‌هایی که توسط روش آشکارسازی تغییر به درستی در آن رده جای داده شده‌اند (عناصر قطری ماتریس آشفتگی)، بر کل پیکسل‌های موجود در آن رده در داده‌های مرجع به دست می‌آید. دقت User از تقسیم تعداد پیکسل‌هایی که توسط روش آشکارسازی تغییر به درستی در آن رده جای داده شده‌اند بر کل تعداد پیکسل‌های اختصاص داده شده به آن رده توسط روش آشکارسازی تغییر حاصل می‌شود. ماتریس‌های آشفتگی رده‌بندی تصاویر ماهواره‌ای  $ETM^+$ ، MSS، TM و ASTER در جدول‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بیشتر دسته‌داده‌ها با دقت بالا رده‌بندی شده‌اند. ماتریس آشفتگی حاصل از تصویر MSS ضریب کاپای کمتری نسبت به سایر ماتریس‌ها دارد که دلیل آن ممکن است پایین‌تر بودن این سنجنده در تفکیک مکانی و طیفی باشد.

به منظور ارزیابی دقت، نمونه‌های آموزشی منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰ و نیز تصاویر ماهواره‌ای تعیین و پس از رده‌بندی داده‌ها دقت آشکارسازی هر تصویر توسط پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپای ماتریس آشفتگی محاسبه شد. ضریب کاپا با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود (Congalton, 1999).

$$\hat{k} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (1)$$

در این معادله  $n$  تعداد کل نقاط (نقاط مرجع)،  $n_{ii}$  تعداد پیکسل‌هایی که به درستی در رده مورد نظر قرار دارند،  $n_{i+}$  تعداد پیکسل‌های مرجع موجود در رده و  $n_{+i}$  تعداد پیکسل‌های قرارداد داده شده در رده مورد نظر توسط روش آشکارسازی تغییر است. دقت کلی نیز از تقسیم مجموع پیکسل‌هایی که به درستی تقسیم‌بندی شده‌اند بر تعداد کل داده‌های مرجع به دست می‌آید (معادله ۲).

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{Correctly classified totals}}{\text{Reference data totals}}$$

دقت کلی و ضریب کاپا برای تصویر MSS به ترتیب ۵۹/۶ و ۰/۵۴ درصد، برای تصویر TM ۹۲/۳ و ۰/۹۰

جدول ۳. ماتریس آشفتگی رده‌بندی تصویر MSS سال ۱۳۵۵ دریاچه بختگان و محدوده اطراف آن

رده	پوشش زراعی	پهنه آب عمیق	پهنه آب با عمق متوسط	بایر	شورهزار	پهنه آب با عمق کم	پوشش بوتهزار	کل
پوشش زراعی	۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۳
پهنه آب عمیق	۰	۲۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۲۶۹
پهنه آب با عمق متوسط	۰	۰	۷۵	۰	۰	۰	۰	۷۵
بایر	۲۱۲	۰	۰	۲۷۸	۰	۰	۰	۴۹۰
شورهزار	۰	۰	۰	۰	۲۰۲	۰	۰	۲۰۲
پهنه آب با عمق کم	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۶	۰	۱۶۶
پوشش بوتهزار	۶۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵	۸۶
رده‌بندی نشده	۱۵۹	۲۲	۹۲	۲۸	۹۶	۴۶	۱	۴۴۴
کل	۴۷۵	۲۹۱	۱۶۷	۲۰۶	۲۹۸	۲۱۲	۲۶	۱۷۷۵



جدول ۴. ماتریس آشفته‌گی رده‌بندی تصویر TM سال ۱۳۶۹ دریاچه بختگان و محدوده اطراف آن

رده	پوشش زراعی	پهنه آب عمیق	پهنه آب با عمق کم	پوشش بوته‌زار	کل
پوشش زراعی	۱۹۴	۰	۰	۰	۱۹۸
پهنه آب عمیق	۰	۲۸۹	۰	۰	۲۸۹
پهنه آب با عمق متوسط	۰	۰	۱۶۲	۰	۱۶۲
بایر	۱۰۸	۰	۰	۲۲۷	۳۳۵
شوره‌زار	۰	۰	۱۰۷	۰	۱۰۷
پهنه آب با عمق کم	۰	۰	۰	۱	۴۱۸
پوشش بوته‌زار	۰	۰	۰	۸	۹
رده‌بندی نشده	۲	۱	۰	۰	۳
کل	۳۰۴	۲۹۰	۱۶۳	۲۳۱	۱۵۲۱

جدول ۵. ماتریس آشفته‌گی رده‌بندی تصویر ETM<sup>+</sup> سال ۱۳۸۴ دریاچه بختگان و محدوده اطراف آن

رده	پوشش زراعی	پهنه آب عمیق	پهنه آب با عمق متوسط	بایر	شوره‌زار	پهنه آب با عمق کم	پوشش بوته‌زار	کل
پوشش زراعی	۴۳۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۳۰
پهنه آب عمیق	۰	۳۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۳۲۸
پهنه آب با عمق متوسط	۰	۱	۳۰۵	۰	۰	۰	۰	۳۰۶
بایر	۳	۰	۰	۱۹۰	۳۱	۰	۰	۲۲۴
شوره‌زار	۰	۰	۰	۰	۱۲۶	۰	۰	۱۲۶
پهنه آب با عمق کم	۰	۰	۰	۰	۰	۴۹۴	۰	۴۹۴
پوشش بوته‌زار	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸	۶۰
رده‌بندی نشده	۷۷	۱	۰	۰	۱۰	۰	۱	۸۸
کل	۵۱۲	۳۲۹	۳۰۵	۱۹۰	۱۶۷	۴۹۴	۵۹	۲۰۵۶

جدول ۶. ماتریس آشفته‌گی رده‌بندی تصویر ASTER سال ۱۳۸۶ دریاچه بختگان و محدوده اطراف آن

رده	پوشش زراعی	پهنه آب عمیق	پهنه آب با عمق متوسط	بایر	شوره‌زار	پهنه آب با عمق کم	پوشش بوته‌زار	کل
پوشش زراعی	۵۳۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۵۳۶
پهنه آب عمیق	۰	۷۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۷۱۴
پهنه آب با عمق متوسط	۰	۱	۴۶۲	۰	۰	۰	۰	۴۶۲
بایر	۵۵	۰	۰	۲۵۵	۰	۰	۰	۳۱۰
شوره‌زار	۰	۰	۰	۰	۱۱۸	۰	۰	۱۱۸
پهنه آب با عمق کم	۰	۰	۵۸	۰	۰	۷۸۱	۰	۸۳۹
پوشش بوته‌زار	۳	۰	۰	۵	۰	۰	۳۰	۳۸
رده‌بندی نشده	۱۱	۰	۸	۰	۰	۷۸	۹	۱۰۶
کل	۶۰۳	۷۱۴	۵۲۸	۲۶۱	۱۱۸	۸۵۹	۳۹	۳۱۲۳

## نتیجه‌گیری

شدن دریاچه است. آشکارسازی تغییر در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که مساحت پهنه آب و پوشش بوت‌زار پیرامون دریاچه به ترتیب کاهشی به میزان ۲۹۶ و ۵/۵ کیلومترمربع و در مقابل مساحت زمین بایر، پوشش زراعی و پهنه شور‌زار به ترتیب افزایشی به میزان ۱۳۰، ۱۲ و ۷۱ کیلومترمربع داشته‌است. همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین تغییرات مربوط به پهنه آب است که نوسان در بارندگی دلیل اصلی آن شناخته شده‌است. از آنجا که تغییر در سایر رده‌ها با تغییر پهنه آب دریاچه مرتبط است، خشک‌شدن آب دریاچه را می‌توان عامل اصلی تغییر کاربری و پوشش زمین در منطقه مطالعاتی دانست. ضرایب کاپا و دقت‌های کلی حاصل از ماتریس آشفتگی نشان داد که نتایج رده‌بندی قابل قبول است. بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعات محیطی و برآورد دقیق، سریع و اقتصادی تغییرات منطقه را ممکن ساخته‌است و در این زمینه داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه نقش بسزایی دارند.

## تشکر

از داوران محترم به دلیل داوری مقاله تشکر و قدردانی می‌شود، همچنین از قطب زمین‌شناسی زیست‌محیطی علوم زمین دانشگاه شیراز که بخشی از امکانات این تحقیق را فراهم کردند، سپاسگزاریم.

## یادداشت

1- IARR (Internal Average Relative Reflectance)

به منظور تعیین تغییرات کاربری و پوشش زمین در محدوده دریاچه بختگان استان فارس الگوریتم بیشترین احتمال بر روی تصاویر ماهواره‌ای MSS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۹، ETM<sup>+</sup> سال ۱۳۸۴ و ASTER سال ۱۳۸۶ اجرا و تصاویر دو به دو با هم مقایسه شدند. همچنین، به منظور تعیین تغییرات کاربری و پوشش زمین در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶، نقشه GIS ready حاصل از تفسیر عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ با نقشه مشابه نتیجه‌شده از رده‌بندی تصویر ASTER مقایسه‌شده. بررسی‌ها نشان داد که در بازه‌های زمانی با میزان بارش کم از مساحت پهنه آب دریاچه نیز کاسته می‌شود و در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴، که میانگین سالانه بارش بیشینه بوده، دریاچه بختگان نیز افزایش مساحت داشته‌است. مطالعه برنامه‌های توسعه و تغییر کاربری‌های منطقه نشان می‌دهد که تغییر مساحت پهنه آب تأثیر بسزایی در تغییر مساحت زمین‌های زیر کشت داشته‌است. در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴ که مساحت پهنه آب افزایش یافته مساحت زمین‌های زیر کشت به دلیل شوری آب دریاچه کاهش یافته‌است. همچنین تغییر مساحت پهنه شور‌زار در ارتباط با مساحت پهنه آب دریاچه است. در بازه زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۹، که دریاچه دارای کمترین مقدار آب بوده است، پهنه شور‌زار بیشینه بوده و در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴، که آب دریاچه بیشینه بوده است، پهنه شور‌زار کاهش یافته‌است. این بررسی نشان داد که هرگاه در یک فاصله زمانی مساحت پهنه آب کاهش یابد، مساحت زمین بایر افزایش می‌یابد که بیانگر تبدیل شدن بخش‌هایی از دریاچه به زمین بایر و خشک

## منابع

- درویش‌زاده، ع. ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران، مرکز نشر دانشگاه تهران، ۹۰۰ صفحه.
- سازمان جغرافیایی ارتش، عکس‌های هوایی منطقه مورد مطالعه، مقیاس ۱/۵۰۰۰۰
- فتولی، ب. ۱۳۸۱. مطالعات طرح جامع مدیریت مجموعه بختگان، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۵۷ صفحه.
- علمداری، ع. ۱۳۷۵. شناخت و احیاء محیط زیست طبیعی (مطالعه لیمنولوژیک و حفظ تعادل اکولوژیک دریاچه بختگان و طشک)، سازمان حفاظت محیط زیست (اداره کل حفاظت محیط زیست فارس)، ۴۶ صفحه.

- علمداری، ع. ۱۳۷۴. شناخت و احیاء محیط زیست طبیعی ( مطالعه لیمنولوژیک و حفظ تعادل اکولوژیک دریاچه بختگان، طشک و پریشان)، سازمان حفاظت محیط زیست (اداره کل حفاظت محیط زیست فارس)، ۳۵ صفحه.
- مجللی، ح. ۱۳۶۶. شیمی خاک، (مؤلف: بوهن، مک نیل، اوکانر)، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول، تهران، ۳۴۲ صفحه.
- Bayarsaikhan, U., B, Boldgiv. 2009. Change detection and classification of land cover at Hustai National Park, *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation* 11, PP: 273–280.
- Belward, A.S., C.R, Valenzuela. 1990. Remote sensing and geographical information systems for resource management in developing countries, Euro Courses, Remote Sensing, 509 p.
- Congalton, R.G. 1999. Assessing the accuracy of remote sensing data: principle and practices, CRS press, Boca Raton, Florida, 137 p.
- Dewan, A.M., Y, Yamaguchi . 2009. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960-2005, *Environ Monit Assess*, Vol: 150, Numbers 1-4, PP: 237-249.
- Dewidar, K.H. M. 2003. Detection of land use/ land cover changes for the northern part of the Nile delta (Burullus region), Egypt, *International Journal of Remote Sensing*, Vol: 25, Number 20, pp: 4079-4089 .
- Doydee, P. 2005. Coastal land use change detection using remote sensing technique: case study in Banten Bay, west Java Island, Indonesia, *Kasetsart Journal*, Vol: 39, pp: 159-164.
- Ebenezer, K.B. 2009. Detection of land cover change in the Accra Metropolitan Area (Ghana) from 1990 to 2000, *Royal Institute of Technology*, 76 p.
- Jung, R., K.L.Y, Felus . 2001. Spatial Modeling And Analysis For Shoreline Change Detection And Coastal Erosion Monitoring. *Marin Geodesy*, Vol: 24, pp: 1-12
- Kaiser, M.F. 2009. Environmental changes, remote sensing, and infrastructure development: The case of Egypt's East Port Said harbor, *ScienceDirect*, Vol: 29, Issue 2, pp: 280–288.
- Kanyamanda, K. 2010. Remote sensing and geographic information system for inferring land cover and land use change in Wuhan (China), 1987-2006, *Journal of Sustainable Development*, Vol: 3., No: 2, pp: 221-229.
- Kushla, J.D., W.J, Ripple. 1996. An introduction to digital methods in remote sensing of forested ecosystems: focus on the Pacific Northwest, USA, *Environmental Management*, Vol: 20, No: 3, pp: 421-435.
- Mengistu, D.A., A.T, Salami. 2007. Application of remote sensing and GIS inland use/land cover mapping and change detection in a part of south western Nigeria, *African Journal of Environment Science and Technology*, pp: 099-109.
- Prakasam, C. 2010. Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, pp: 150-158.
- Reis, S. 2008. Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize, North-East Turkey, *Sensors* 8(10), pp: 6188-6202.
- Zoran, M., E, Anderson. 2006. The Use Of Multi- Temporal And Detection Analysis Of The Romanian Black Sea Coastal Zone. *Journal Of Optoelectronics And Advanced Materials*, Vol: 8, No: 1, pp: 252- 256.