

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۴
وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۳
تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۱/۶
صفحات: ۲۳۰ - ۲۱۵

آثار تغییرات سطح دریاچه مهارلو بر میزان رطوبت و دمای هوای شهر شیراز

دکتر غلامعلی مظفری^۱، مهدی نارنگی فرد^۲

چکیده

دریاچه مهارلو به لحاظ نزدیکی به کلان‌شهر شیراز نقش تعدیل‌کننده رطوبتی و دمایی مهمی بر این شهر دارد. بروز خشکسالی طی دهه‌های اخیر و متعاقب آن کاهش سطح آب این دریاچه بر وضعیت رطوبتی و دمایی مناطق پیرامونی آن به ویژه شهر شیراز آثار نامطلوبی به همراه داشته است. در این پژوهش تغییرات خط ساحلی دریاچه مهارلو و تأثیر آن بر عناصر آب و هوایی به ویژه رطوبت هوا و دمای سطح زمین نواحی مجاور دریاچه مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی تغییرات خط ساحلی از داده‌های سنجنده ETM+ TM & ماهواره LANDSAT در تاریخ‌های ۲۲ می ۱۹۸۷ و ۱۷ می ۲۰۰۰ و ۲۰ مارس ۱۹۹۹ و ۱۸ مارس ۲۰۰۹ استفاده شد. همچنین به منظور پردازش تصاویر ماهواره‌های از روش طبقه‌بندی نظارت شده با اعمال الگوریتم بیشترین شباهت جهت محاسبه نوسان‌های سطح آب دریاچه در دوره‌های زمانی مختلف استفاده گردید. یافته‌های پژوهش بیانگر کاهش ۲۹ کیلومتر مربعی سطح دریاچه در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۰ در ماه می و ۱۰۷ کیلومتر مربعی در سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ در ماه مارس است. میانگین درصد شاخص پوشش گیاهی در حریم ۱۰ کیلومتری دریاچه در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۰ در همان ماه ۱۵ درصد کاهش یافته است. اما در سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ در ماه مارس تنها ۳ درصد کاهش را نشان می‌دهد. دمای کمینه، میانگین و بیشینه سطح زمین (LST) در حریم پیرامونی دریاچه در دوره کم‌آبی در تاریخ‌های مشابه با افزایش همراه بوده است.

کلید واژگان: دمای سطح زمین، ماهواره لندست، دریاچه مهارلو، شیراز

مقدمه

اشکال و پدیده‌های طبیعی سطح زمین خیلی سریع تغییر پیدا می‌کنند و این تغییرات در طول زندگی انسان بسیار چشمگیر است (رسولی، ۱۳۸۷: ۵۲۴). در اکثر نواحی، دریاچه‌ها به عنوان باران‌سنگ‌های طبیعی در نظر گرفته می‌شوند. بدیهی است که بارندگی در سطح کره زمین تغییرات زمانی و مکانی زیاد دارد. در چنین وضعیتی، دریاچه‌ها با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود مناسب‌ترین پدیده‌های طبیعی برای تخمین دقیق نوسان‌های بارش‌ها در یک محل محسوب می‌گردند. بنابراین، می‌توان دریاچه‌ها را به عنوان باران‌سنگ‌های قدیمی در نظر گرفت که نوسان‌های سطح آب آن‌ها از نوسان‌های بارش در آن مکان حکایت دارند (جهانبخش، ۱۳۸۹: ۵۰). ارزیابی بهنگام و دقیق تغییرات ویژگی‌های سطح زمین، برای درک بهتر روابط و برهمکنش‌های بین پدیده‌های انسانی و طبیعی، جهت اتخاذ تصمیمات مناسب بسیار حائز اهمیت است. جهت آشکارسازی این تغییرات به طور گسترده‌ای در دهه‌های اخیر از داده‌های سنجنش از دور به عنوان منابع اولیه استفاده شده است.

پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی نقش اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست دارد. داده‌های ماهواره‌ای کارایی بالایی در آشکارسازی و تجزیه و تحلیل تغییرات زیست محیطی دارند (سفیانیان، ۱۳۸۸: ۱۵۳). آشکارسازی تغییرات^۱ فرآیندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (Lu et al, 2004, 2366). معمولاً، آشکارسازی تغییرات ناشی از تشخیص مناطق تغییر یافته در دو تصویر و دو زمان متفاوت است (Xiaolu and Bo, 2011, 238). در این میان استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور به عنوان

بهترین وسیله برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده است؛ چراکه با پیشرفت‌های انجام گرفته در این فن‌آوری و تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا و همچنین انواع فنون پردازش تصویر می‌توان تغییرات کاربری را برآورد کرده و نسبت به مدیریت آن‌ها اقدام نمود (فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷: ۱). پژوهش‌هایی که در زمینه پایش تغییرات خطوط ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد:

ترومپیکاس^۲ و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه روابط تجربی بین درجه حرارت سطح آب دریاچه‌های سوپریو^۳، هورن^۴، ایری^۵ و انتاریو^۶ کانادا و درجه حرارت هوا محل جهت تخمین دمای آب در آینده با استفاده از درجه حرارت هوا پرداختند. سینگ^۷ و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات خط ساحلی دریاچه آرال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار دادند. سیماس^۸ و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح آب^۹ دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر MODIS و سیماس^{۱۰} (۲۰۱۳) حجم و مساحت و ارتفاع دریاچه ارومیه را با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و مدل‌های تحلیلی مورد بررسی قرار دادند. دووان^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات حجم آب در دریاچه‌های مید^{۱۲} در آمریکا، تانا^{۱۳} در اتیوپی، و ایجسل^{۱۴} در هلند مورد مطالعه قرار دادند.

2. Trumpickas

3. Superior

4. Huron

5. Erie

6. Ontario

7. Singh

8. Sima

9. water surface temperature (WST)

10. Tajrishy

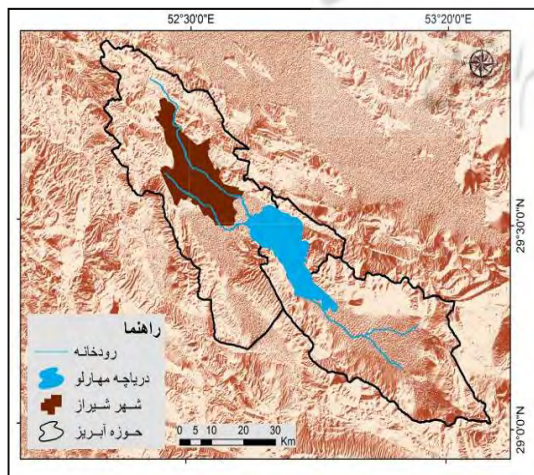
11. Duan

12. Mead

13. Tana

14. IJssel

این حوضه از شمال به دریاچه بختگان و از جنوب و باختر به حوضه آبریز قره‌آغاچ محدود می‌شود که سه زیر حوضه سروستان، گشنگان و حوضه باختری مهارلو تشکیل شده است؛ دریاچه مهارلو در یک فرونشست ناودیسی مانند، شکل گرفته که گسل سروستان از آن می‌گذرد (قهرودی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۳). سری هرمز به سن کامبرین قدیمی‌ترین سنگ‌های موجود در حوضه را تشکیل داده‌اند و جدیدترین واحدهای سنگی متعلق به کواترنر است (خاکسار و همکاران، ۱۳۸۵: ۱). حدود ۱۰ چشمه اصلی و تعدادی چشمه کوچک در حاشیه دریاچه وجود دارد که اغلب در بخش باختری دریاچه دیده می‌شوند. جهت جریان آب زیرزمینی در دشت آبرفتی شیراز به سمت دریاچه مهارلو است (فیاضی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲). تأثیر توده‌های هوای گوناگون، دامنه ارتفاعی قابل توجه در حوضه، کشیدگی و وسعت نسبتاً زیاد حوضه سبب شده است که آب و هوای منطقه تا حدودی متغیر و گوناگون باشد، میزان بارندگی در شمال و شمال باختر حوضه به بیش از ۵۰۰ میلی‌متر و در سمت خاور و شمال خاوری به کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر و تا ۲۵۸ میلی‌متر در سروستان می‌رسد (زمردیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۵۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منبع: نگارندگان ۱۳۹۳

عمده‌ترین مطالعات در زمینه نوسانات خطوط ساحلی در ایران عمدتاً 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)؛ در مورد سواحل شمالی دریای مکران و خلیج فارس نیز به مطالعات غریب‌رضا و معتمد (۱۳۸۳)؛ ضیائیان و همکاران (۱۳۸۹)؛ نعیمی و همکاران (۱۳۸۹)؛ صالحی‌پور و همکاران (۱۳۹۱)؛ یمانی و همکاران (۱۳۹۰)؛ رنجبر و ایرانمنش (۱۳۹۰)؛ همچنین از دیگر مطالعات مرتبط می‌توان به (مہسافر و همکاران، ۱۳۸۹؛ محمدی یگانه و همکاران، ۱۳۹۲) اشاره کرد.

همچنان که عنوان شد بیشتر مطالعات مربوط به دریاچه ارومیه است. اما در این پژوهش دریاچه مهارلو جهت بررسی میزان تأثیرگذاری مقدار گستره و مساحت آب دریاچه بر عناصر آب و هوایی به ویژه رطوبت، دمای سطح زمین و درصد شاخص پوشش گیاهی مناطق پیرامونی آن در این پژوهش به عنوان هدف اصلی در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

دریاچه مهارلو در فاصله هفت کیلومتری جنوب خاوری شهر شیراز بین ۲۹ درجه ۱۸ دقیقه تا ۲۹ درجه ۳۳ دقیقه عرض شمالی و بین ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه طول جغرافیایی قرار دارد، مساحت این دریاچه بالغ بر ۲۵۷/۷ کیلومتر مربع است. منطقه مورد مطالعه شامل دریاچه مهارلو و نواحی پیرامونی با وسعتی بالغ بر ۲۴۳ کیلومتر مربع، یازدهمین پهنه آبی از لحاظ وسعت در ایران است. شکل (۱).

همچنین ترکیب رنگی کاذب^۷ آن در شکل (۲) نمایش
نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در

پژوهش

ردیف	۱	۲	۳	۴
تاریخ برداشت میلادی	۱۹۸۷/۵/۲۲	۲۰۰۰/۵/۱۷	۱۹۹۹/۳/۲۰	۲۰۰۹/۳/۱۸
تاریخ برداشت خورشیدی	۱۳۶۶/۳/۱	۱۳۷۹/۲/۲۸	۱۳۷۷/۱۲/۲۹	۱۳۸۷/۱۲/۲۷
ردیف ^۲ و گذر ^۴	۱۶۲-۴۰	۱۶۲-۴۰	۱۶۲-۴۰	۱۶۲-۴۰
ماهواره	LANDSAT 5	LANDSAT 7	LANDSAT 5	LANDSAT 5
نوع سنجنده	TM	ETM+	TM	TM

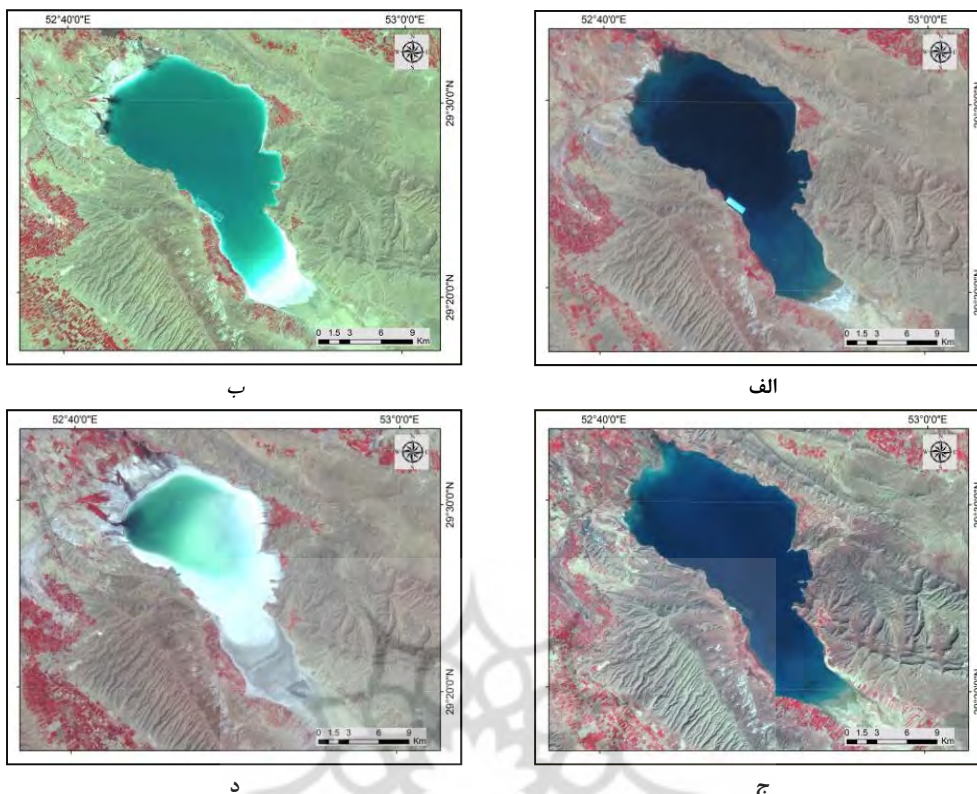
منبع: نگارندگان ۱۳۹۳

محدوده این دریاچه جهت محاسبه شاخص بهنجار
شده پوشش گیاهی^۱، استخراج کاربری اراضی، دمای
سطح زمین^۲ با در نظر گرفتن حریم پیرامونی
(Buffer) ۱۰ کیلومتری ترسیم و محاسبات مربوط در
این محدوده انجام گرفت.

داده‌های به کارگیری شده در این پژوهش شامل
چهار تصاویر ماهواره لندست است که با توجه به
محدودیت دریافت تصاویر ماهواره‌ای و لزوم استفاده از
تصاویر در زمان‌های نسبتاً مشابه؛ گزینش تاریخ
تصاویر در دو بازه زمانی پایان زمستان و پایان دوره
بارشی اوایل ماه خرداد در دوره‌های همراه با ترسالی و
خشکسالی در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹
از تارنمای سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده
(USGS)^۳ دریافت گردید. توان تفکیک مکانی
باند‌های تصاویر ماهواره لندست در باندهای ۱ الی ۵ و
۷ سنجنده TM و ETM+ ۳۰ متر، باند ۶ (حرارتی)^۴
۶۰ متر و باند ۸ (پانکروماتیک)^۵ در سنجنده ETM+
۱۵ متر است. مدل رقومی ارتفاعی نیز از داده‌های
راداری سنجنده ASTER^۶ با ابعاد یاخته‌های ۳۰ متر
استخراج شد. همچنین فراسنج‌های آب و هوایی
(کمینه، میانگین و بیشینه دما، دمای خشک و تر،
نقطه شبنم و میزان تبخیر، کمینه دمای سطح زمین
به همراه کمینه، میانگین و بیشینه رطوبت) ایستگاه
همدید شیراز در بازه زمانی ۱۹۵۶-۲۰۱۲ جهت
ارزیابی میزان تأثیرگذاری میزان حجم و گستره
مساحت آب دریاچه مهارلو بر این عناصر مورد استفاده
قرار گرفت. ویژگی‌های این تصاویر در جدول (۱)؛ و

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
2. Land Surface Temperature (LST)
3. United States Geological Survey
4. Thermal
5. Panchromatic
6. The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)

7. False Color Composite (FCC)



شکل ۲: ترکیب کاذب رنگی (۴۳۲ RGB) تصویر ماهواره‌ای دریاچه مهارلو در سال‌های

(الف: ۱۹۸۷، ب: ۲۰۰۰ و ج: ۱۹۹۹، د: ۲۰۰۹)

منبع: نگارندگان ۱۳۹۳

در این رابطه m_i بردار میانگین $\sum i$ ماتریس کواریانس داده‌های کلاس W_i هستند. f تعداد باندها و علامت \parallel نماد دترمینال است. میانگین و واریانس بر اساس پیکسل‌های معلوم هر کلاس انجام می‌پذیرد که در مرحله تمرینی مشخص می‌شوند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۲۱۷).

سپس جهت محاسبه پوشش میزان شاخص بهنجار شده گیاهی از دو باند قرمز و فروسرخ نزدیک (Rouse et al, 1974, 309) رابطه (۲) استفاده گردید. پس از آن به منظور تفکیک کیفی پوشش گیاهی، با استفاده از رابطه (۳) نقشه درصد پوشش گیاهی تهیه شد.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-R}{\text{NIR}+R} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ است، مقادیر ۰/۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر ۰/۱ تا ۰/۵ برای

در گام نخست بر اساس روش پارامتریک طبقه‌بندی نظارت شده^۱ در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGING 9.2، با معرفی علائم طیفی با اعمال خوارزمیک^۲ بیشترین شباهت^۳ طبقه‌بندی نظارت شده جهت استخراج کاربری سه‌گانه پوشش گیاهی، بایر و دریاچه انجام پذیرفت. برای محاسبه احتمال از تابع چگالی نرمال چند متغیره n بعدی رابطه (۱) استفاده می‌شود:

رابطه (۱)

$$f(x|w_i) = (2\pi)^{-f/2} |\Sigma_i|^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2}(x - m_i)^t \Sigma_i^{-1}(x - m_i)\right)$$

- ۱ . Supervised Classification
- ۲ . Algorithm
- ۳ . Maximum Likelihood

ثابت کالیبراسیون دوم معادل $1282/71$ بر حسب کلوسین و L رادیانس طیفی بر حسب $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ است. مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از NDVI محاسبه می‌شود. در این روش، آستانه‌گذاری NDVI استفاده می‌شود.

۱- $NDVI > 0.2$: در این حالت پیکسل مربوط به خاک خشک (لخت) و ارزش گسیل مندی آن بر اساس آنالیز کتابخانه‌ای نمونه‌های خاک برای باند حرارتی لندست 0.97 است.

۲- $NDVI < 0.5$: پیکسل‌های با ارزش NDVI بالاتر از 0.5 مناطق با پوشش گیاهی کامل و مقدار ارزش ثابت برای گسیل مندی 0.99 در نظر گرفته شده است.

۳- $0.5 \leq NDVI \leq 0.2$: در این حالت، پیکسل ترکیبی از خاک خشک (لخت) و پوشش گیاهی تشکیل داده است و گسیل مندی آن با توجه به رابطه (۶) محاسبه می‌گردد:

رابطه (۶) $\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon$ که ε_v گسیل مندی پوشش گیاهی، ε_s گسیل مندی خاک، P_v نسبت پوشش گیاهی به دست آمده از رابطه (۷) است (Sobrino et al, 2004, 436).

رابطه (۷) $P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2$ مقدار $NDVI_{max}$ برابر با 0.5 و $NDVI_{min}$ برابر با 0.2 است.

که $d\varepsilon$ در رابطه (۶) شامل اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی و همچنین بازتاب داخلی است که برای سطوح هموار، این مقدار ناچیز است؛ اما برای سطوح ناهمگن و خشن، به عنوان مثال جنگل، این مقدار می‌تواند تا ۲ درصد برسد. البته به صورت تقریبی با توجه به رابطه (۸) می‌توان این مقدار را محاسبه کرد:

رابطه (۸) $d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_v)F\varepsilon_v$

که در آن F ضریب شکل، که ارزش میانگین آن، با فرض توزیع هندسی متفاوت 0.55 است. با توجه به

مناطق گیاهی معمولی و از 0.5 به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی است. آب و برف و یخ دارای مقادیر منفی و خاک‌ها دارای مقادیر کمتر از 0.5 و ابرها معمولاً دارای مقادیر حول صفر هستند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۱۳۸).

رابطه (۳) $CP = (NDVI+1) \times 50$

در پایان ساختار رستری^۱ نقشه‌های مورد نظر در محیط نرم‌افزار ArcGIS به ساختار برداری^۲ تبدیل و مساحت موضوعه آن استخراج گردید، جهت تحصیل دمای سطح زمین نیز مراحل زیر انجام گرفت:

الف: محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره‌برداری^۳ این سنجنده، با روش پیکسل به پیکسل به ترتیب به دمای سطحی تبدیل شد: تبدیل ارزش‌های رقومی به رادیانس طیفی بر اساس مرجع تابش طیفی؛ بر اساس رابطه (۴) (Landsat Project Science Office, 2002)

رابطه (۴) $L = gain \times DN + offset$

تابش طیفی مرجع باند ۶ در DN به ترتیب معادل ۱ و ۲۵۵ بر حسب $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ است. مقدار Gain و Bias از Headerfile تصاویر استخراج شده است.

ب: بازیابی دمای روشنایی^۴

گام بعدی تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه است. این تبدیل از رابطه پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه (BT) استفاده می‌گردد:

رابطه (۵) $BT = \frac{K_2}{\left\{ LN \left[\frac{K_1}{L} + 1 \right] \right\}}$

که در این رابطه BT دمای روشنایی سنجنده بر حسب کلوسین، K_1 ثابت کالیبراسیون اول معادل $666/0.9$ بر حسب $(W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1})$ ، K_2

1 . Raster
2 . Vector
3 . High Gain
4 . Retrieving Brightness Temperature

بارش منتهی به زمان انتخاب تصاویر را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد بارش در سال آبی ۶۵-۶۶ (۱۹۸۷ میلادی) بالاتر از میانگین بارش ۵۰ ساله (۴۶۵ میلی‌متر) بوده است، در مقابل سال آبی ۷۸-۷۹ (۲۰۰۰ میلادی) با ۱۹۲/۸ میلی‌متر میزان بارش کمتر از میانگین ۵۰ ساله رخ داده است. در همین حال در شش‌ماهه دوم سال ۱۳۷۷ (۱۹۹۹ میلادی) ۳۰۳/۹ میلی‌متر و در سال ۱۳۸۷ (۲۰۰۹ میلادی) تنها ۱۰۴ میلی‌متر بارش به ثبت رسیده است.

جدول ۲: مجموع میزان بارش منتهی به تاریخ دریافت تصاویر به میلی‌متر

سال آبی/ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مجموع
۱۳۶۵-۶۶	۰	۵۴۲	۲۷۲	۸۵	۱۱/۸	۶۶/۵	۵۲	۰	۴۶۵
۱۳۷۸-۷۹	۰	۰/۴	۱۱/۸	۱۴۲/۳	۳۵/۱	۰/۷	۲/۲	۰/۳	۱۹۲/۸
۱۳۷۷	۰/۱	۰	۰	۹۴/۷	۸۲	۱۲۷/۱	-	-	۳۰۳/۹
۱۳۸۷	۰	۲۲	۵۳	۲۵/۹	۱۸/۲	۲۲/۵	-	-	۱۰۴

منبع: اداره کل هواشناسی استان فارس، ۱۳۹۲

پس از تعیین دو دوره ترسالی و خشکسالی در بازه زمانی پایان زمستان و پایان تابستان جهت محاسبه میزان تأثیرگذاری نوسانات آب دریاچه بر محیط پیرامونی خود با ترسیم یک حریم ده کیلومتری عناصر دمای سطح زمین، مساحت کاربری‌های مختلف، میزان شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک و رطوبت هوا محاسبه گردید. در گام نخست پیش از عملیات طبقه‌بندی برای بالابردن وضوح تصویر از روش بازسازی تصویر^۲ با به کارگیری تابع تعدیل هیستوگرام^۳ استفاده گردید. تصاویر آشکارسازی شده به روش تعدیل هیستوگرام و حریم ده کیلومتری دریاچه در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ در اشکال (۳) الی (۶) قابل مشاهده است.

معادلات (۶) و (۷) گسیل‌مندی سطح زمین (LSE)^۱ را به وسیله رابطه (۹) و (۱۰) به دست آورد:

$$\varepsilon = m P_v + n \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$\text{رابطه (۱۰)}$$

$$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v \quad \& \quad n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

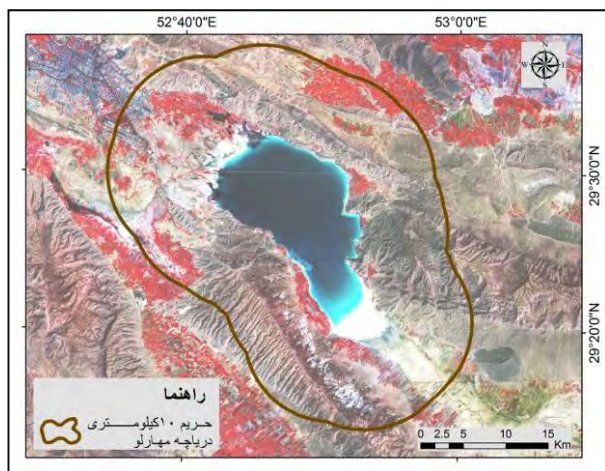
به منظور اعمال این روش، مقدار گسیل‌مندی خاک و پوشش گیاهی مورد نیاز است. بدین جهت، مقدار گسیل‌مندی ۰/۹۹ برای پوشش گیاهی انتخاب گردید. با توجه به تنوع بالای گسیل‌مندی خاک در مقایسه با پوشش گیاهی مقدار میانگین آن با (انحراف استاندارد (Sobrino et al, ۲۰۰۴)، ۰/۹۷۳ در نظر گرفته شد (2004, 436). سپس دمای سطح زمین با استفاده از رابطه (۱۱) (Artis and Carnahan, ۱۹۸۲) محاسبه می‌شود.

$$T_s = \frac{T_b}{\left[1 + \left(\frac{\lambda b t}{a}\right) L n \varepsilon\right]} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

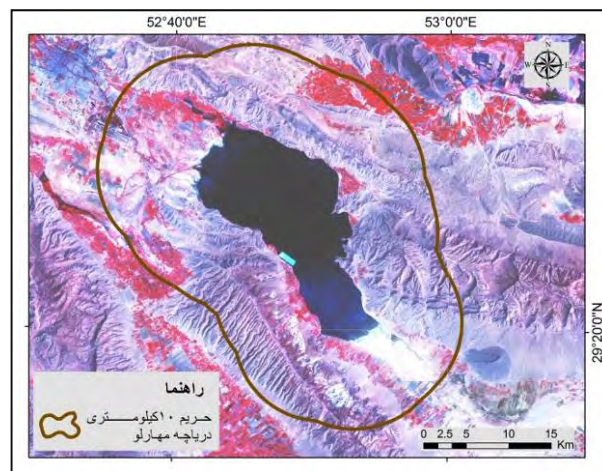
که در آن: λ طول موج رادیانس ساطع شده $(11.5 \mu\text{m})$ ، $\alpha = \frac{hc}{k}$ ، ثابت پلانک $(6/62 \times 10^{-34} \text{ j. sec})$ ، c سرعت نور $(2/998 \times 10^8 \text{ m/sec})$ ، k ثابت استفان بولتزمن $(1/38 \times 10^{-23} \text{ j/k})$ و ε گسیل‌مندی است.

یافته‌های تحقیق و بحث

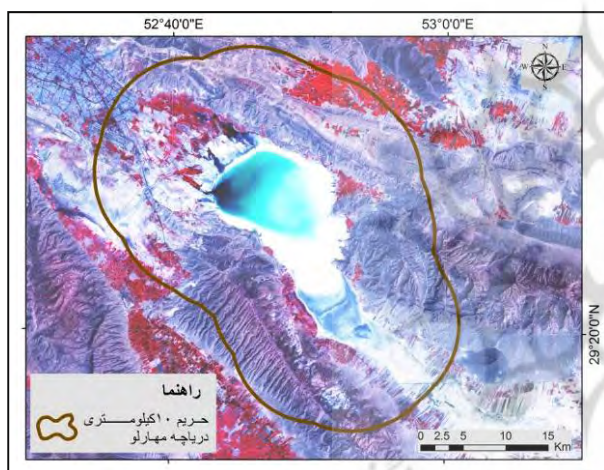
پژوهش حاضر در سه بخش آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، بررسی تغییرات درصد شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در حریم ده کیلومتری دریاچه مهارلو انجام گرفت. جهت بررسی تأثیرات نوسان مساحت آب دریاچه مهارلو، نخست در دو دوره زمانی، پایان زمستان و پایان دوره بارشی اوایل ماه خرداد انتخاب گردید. جدول (۲) مجموع میزان



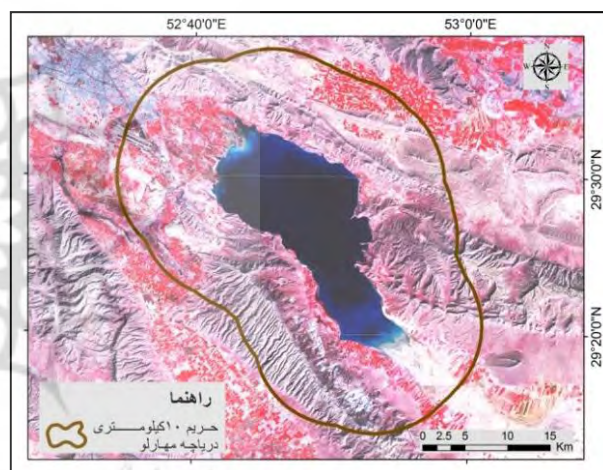
شکل ۴: تصویر آشکارسازی شده به روش تعدیل هیستوگرام و حریم ده کیلومتری دریاچه در سال ۲۰۰۰
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۳: تصویر آشکارسازی شده به روش تعدیل هیستوگرام و حریم ده کیلومتری دریاچه در سال ۱۹۸۷
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۶: تصویر آشکارسازی شده به روش تعدیل هیستوگرام و حریم ده کیلومتری دریاچه در سال ۲۰۰۹
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



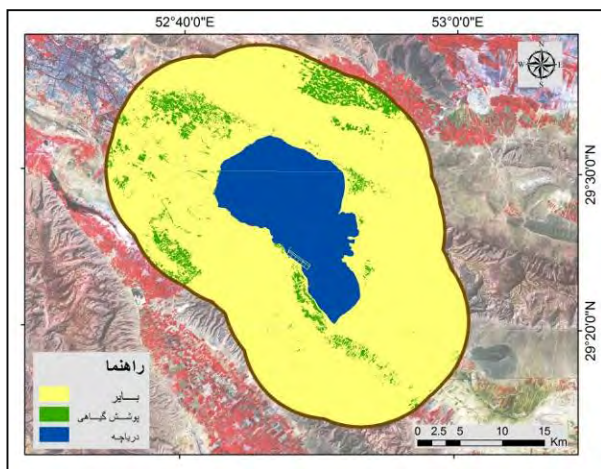
شکل ۵: تصویر آشکارسازی شده به روش تعدیل هیستوگرام و حریم ده کیلومتری دریاچه در سال ۱۹۹۹
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳

یکنواختی آن‌ها و همچنین میزان همپوشی آن‌ها محاسبه گردید. پس از تهیه نشانه‌های طیفی عملیات طبقه‌بندی بر روی تمامی تصویر و باندهای طیفی انجام شد. تصاویر استخراج شده در سال ۱۹۸۷ (شکل ۷)، سال ۲۰۰۰ (شکل ۸)، سال ۱۹۹۹ (شکل ۹) و سال ۲۰۰۹ میلادی در (شکل ۱۰) نمایش داده شده است.

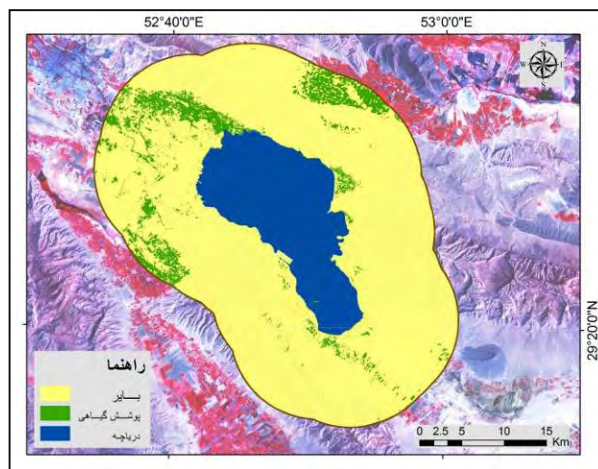
آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

جهت ارزیابی و محاسبه تغییرات مساحت دریاچه و کاربری‌های پیرامونی، نقشه‌های کاربری با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده با اعمال خوارزمیک بیشترین شباهت به کار گرفته شد. در طی این فرآیند نخست عملیات مبتنی بر ترکیب^۱ باندها انجام گرفت. که پس از تعریف نمونه‌های تعلیمی^۲ به کمک اطلاعات پیکسل‌های هر گروه از طبقه مورد نظر نشانه‌های طیفی^۳ آن پدیده محاسبه و میزان تناسب نمونه‌ها، همگنی و

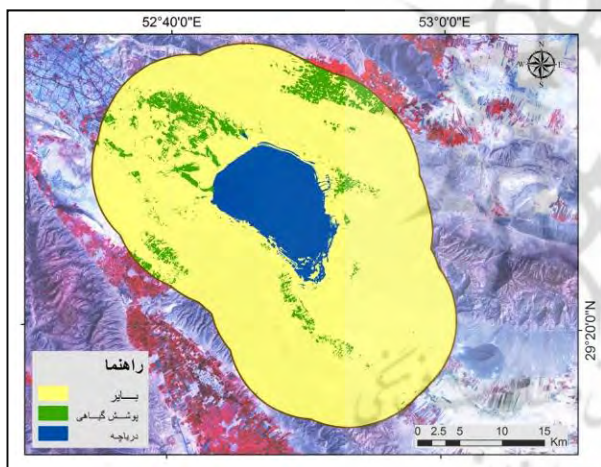
- 1 . Color Composite
- 2 . Training Area
- 3 . Spectral Signature



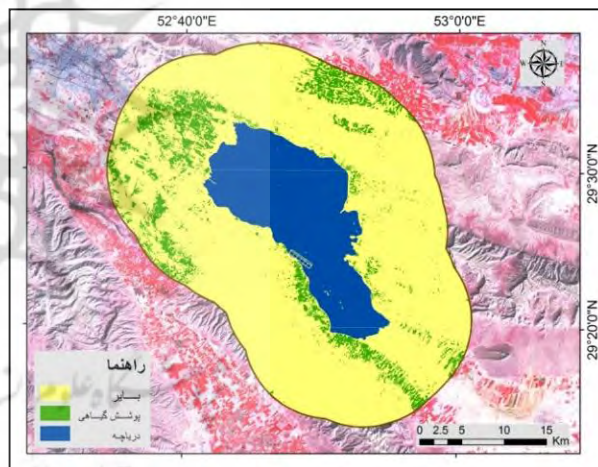
شکل ۸: نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره لندست
سنجنده TM+ دریاچه مهارلو در سال ۲۰۰۰
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۷: نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره لندست
سنجنده TM دریاچه مهارلو در سال ۱۹۸۷
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



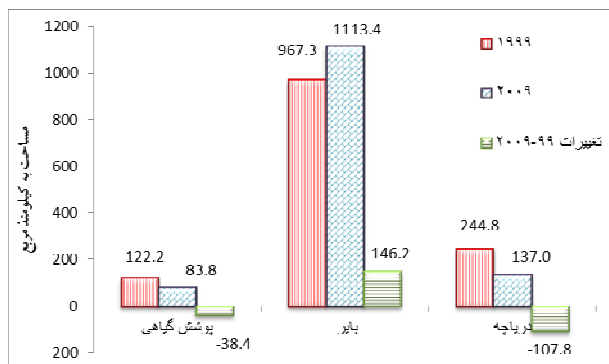
شکل ۱۰: نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره لندست
سنجنده TM دریاچه مهارلو در سال ۲۰۰۹
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



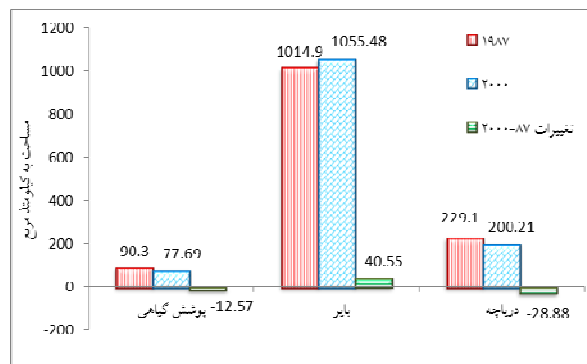
شکل ۹: نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره لندست
سنجنده TM دریاچه مهارلو در سال ۱۹۹۹
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳

کیلومتر مربع به خود اختصاص داده است. روند تغییرات مساحت کاربری‌های سه گانه دریاچه، پوشش گیاهی و بایر در شکل (۱۳) نمایش داده شده است. در این تغییرات، شاهد افزایش کاربری بایر و در مقابل کاهش مساحت دریاچه در بازه زمانی ۲۲ ساله هستیم.

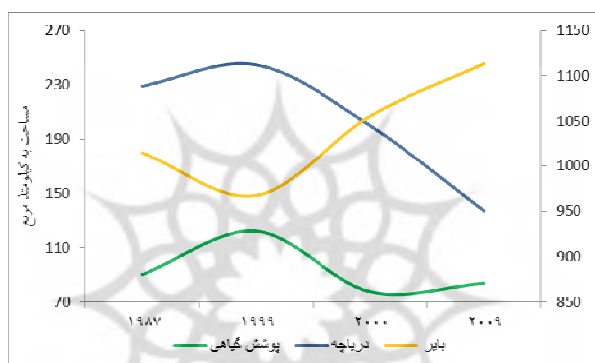
مساحت کاربری‌های استخراج و تغییرات مربوط به آن در اشکال (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده است. بر این اساس مساحت دریاچه در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ به ترتیب ۲۲۹، ۲۰۰، ۲۴۴ و ۱۳۷ کیلومتر مربع و پوشش گیاهی ۹۰، ۷۷، ۱۲۲ و ۸۳ کیلومتر مربع و بایر ۱۰۱۴، ۱۰۵۵، ۹۶۷ و ۱۱۱۳



شکل ۱۲: مساحت کاربری‌های سه‌گانه و تغییرات آن در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۱: مساحت کاربری‌های سه‌گانه و تغییرات آن در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۰ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۳: روند تغییرات مساحت کاربری‌های دریاچه، پوشش گیاهی و آبیر (۱۹۸۷-۲۰۰۹) منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



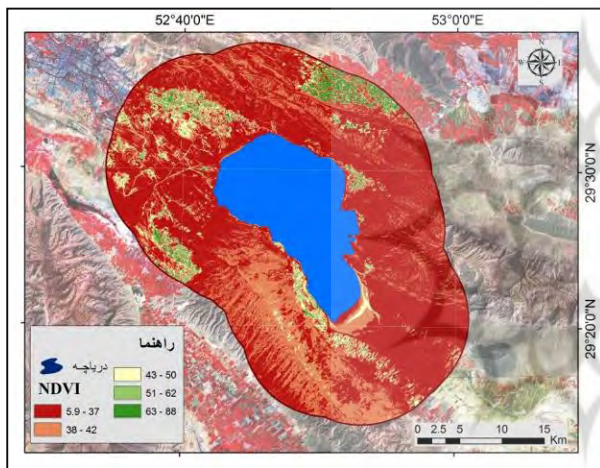
شکل ۱۴: تغییرات سطح آب دریاچه مهارلو از سال ۱۹۸۷-۲۰۰۹ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳

ارزیابی تصاویر چند سنجنده‌ای و چند زمانه‌ای نشان می‌دهد که تغییرات قابل توجهی در سطح آب دریاچه مهارلو رخ داده است. تغییرات دوره ای (۱۹۸۷-۲۰۰۹) سطح آب دریاچه در شکل (۱۴) نشان داده شده است.

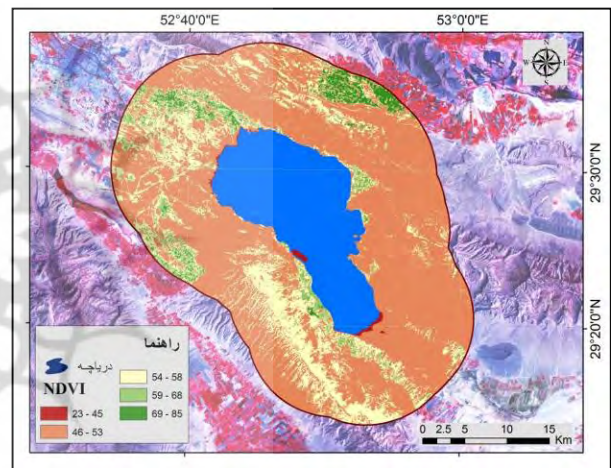
(۱۵) و (۱۶) نشان می‌دهد که شاخص پوشش گیاهی در طبقه ۴۶ تا ۵۳ درصد، مساحت عمده در سال ۱۹۸۷ به خود اختصاص داده در حالی که در سال ۲۰۰۰ طبقه ۵/۹ تا ۳۷ درصد بیشترین مساحت را در بر گرفته است. در سال ۱۹۹۹ نیز میانگین درصد شاخص پوشش گیاهی ۵۴ درصد که در سال ۲۰۰۹ به ۵۱ درصد کاهش یافته است. پایین‌ترین درصد طبقه در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۱۹۹۹ وسعت بیشتری را به خود اختصاص داده است. اشکال (۱۷) و (۱۸).

شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی

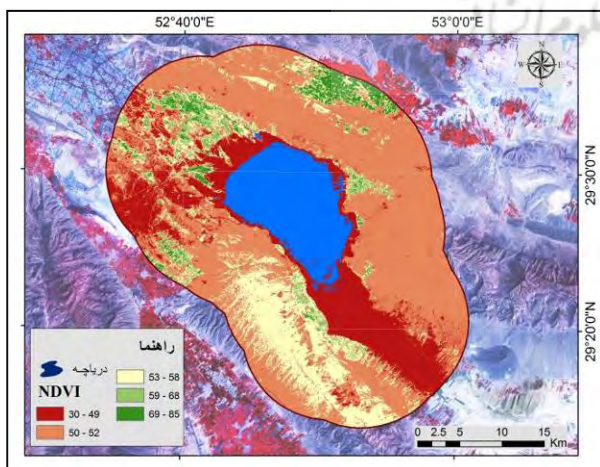
در این پژوهش تغییرات کیفی پوشش گیاهی به صورت تغییر درجه سربسی، مطالعه شده است. جهت بررسی این تغییرات درصد پوشش گیاهی به پنج گروه تقسیم شد. سپس میزان این تغییرات با هم مقایسه گردید. بر این اساس میانگین این شاخص در سال ۱۹۸۷ بیش از ۵۲ درصد است. در مقابل در سال ۲۰۰۰ به کمتر از ۳۸ درصد، و کمینه این شاخص نیز از ۲۲ درصد به ۵ درصد کاهش یافته است. بیشینه این شاخص تغییر محسوسی را نشان نمی‌دهد. اشکال



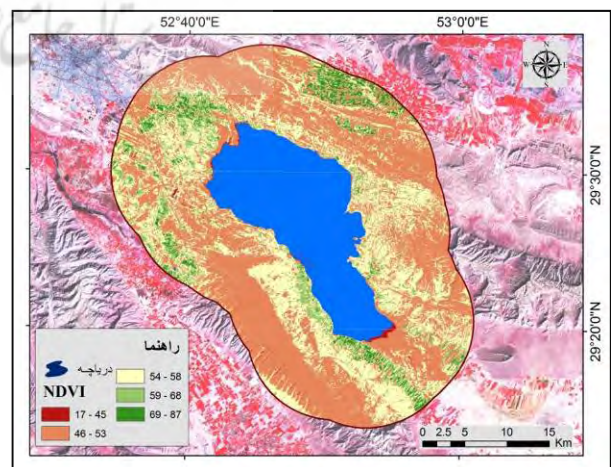
شکل ۱۶: درصد شاخص پوشش گیاهی حریم دریاچه مهارلو سال ۲۰۰۰ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۵: درصد شاخص پوشش گیاهی حریم دریاچه مهارلو سال ۱۹۸۷ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۸: درصد شاخص پوشش گیاهی حریم دریاچه مهارلو سال ۲۰۰۹ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۷: درصد شاخص پوشش گیاهی حریم دریاچه مهارلو سال ۱۹۹۹ منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳

دمای سطح زمین

به منظور ارزیابی میزان تأثیرگذاری میزان حجم و گستره مساحت آب دریاچه مهارلو بر عناصر آب و هوایی (کمینه، میانگین و بیشینه دما، دمای خشک و تر، نقطه شبنم و میزان تبخیر، کمینه دمای سطح زمین به همراه کمینه، میانگین و بیشینه رطوبت) استفاده گردید (جدول ۳). بر این اساس عمده عناصر در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹ نسبت به سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۹ افزایش داشته است. همچنین مقایسه ویژگی‌های آماری عناصر آب و هوایی ایستگاه همدید شیراز در تاریخ‌های برداشت تصویر و میانگین بلندمدت (۱۹۵۶-۲۰۱۲) آن نشان داد عناصر دمایی در روزهای

پربابی نسبت به روزهای کم آبی از افزایش کمتری نسبت به میانگین بلندمدت آن برخوردار است. با بررسی نقشه‌های دمایی استخراج شده نحوه پراکنش الگوهای دمایی در سال ۱۹۸۷ قابل مشاهده است. (شکل ۱۹) میزان دمای کمینه و میانگین و بیشینه سال ۱۹۸۷ به ترتیب ۱۴، ۲۳ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۴/۱ است. در حالی که در سال ۲۰۰۰ این ارقام به ۲۰، ۳۶ و ۴۸ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۷/۴ رسیده است. با توجه به این تصاویر الگوی دمایی در هر دو تاریخ مشابهت دارد.

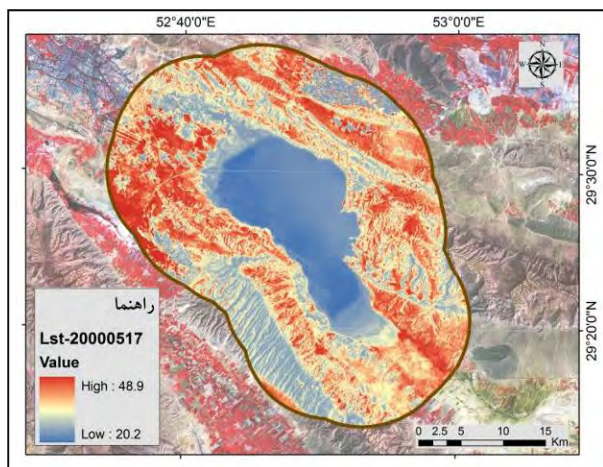
جدول ۳: ویژگی‌های آماری عناصر آب و هوایی ایستگاه همدید شیراز در تاریخ‌های برداشت تصویر و میانگین بلندمدت (۱۹۵۶-۲۰۱۲)

تاریخ	دما به سانتی‌گراد										
	کمینه	میانگین	بیشینه	خشک	تر	شبنم	تبخیر	کمینه سطح زمین	کمینه	میانگین	بیشینه
۱۹۸۷/۵/۲۲	۱۷/۲	۲۵/۴	۳۳/۶	۲۶/۲	۱۳/۸	۳	-	۱۵	۱۳	۲۴/۱	۴۳
میانگین ۱۹۵۶-۲۰۱۲	۱۵	۲۳/۷	۳۲/۴	۲۴/۴	۱۳/۱	۱/۱	-	۱۱/۱	۱۱/۵۳	۲۴/۶	۳۹/۵۳
۲۰۰۰/۵/۱۷	۲۰/۸	۲۶/۷	۳۲/۶	۲۶/۶	۱۳/۵	۱/۱	۱۶/۴	۱۶	۱۳	۱۹/۶	۲۶
میانگین ۱۹۵۶-۲۰۱۲	۱۴/۵	۲۳/۴	۳۲	۲۴	۱۳/۱	۱/۸	۱۱/۱	۱۰/۲	۱۲	۲۶/۳	۴۳/۲۱
۱۹۹۹/۳/۲۰	۴/۴	۱۲/۹	۲۱/۴	۱۳/۴	۶/۸	-۲	۶/۱	-۱	۱۴	۳۹	۶۶
میانگین ۱۹۵۶-۲۰۱۲	۵/۷	۱۲/۶	۱۹/۴	۱۲/۴	۷/۲	۰/۲	۴/۹	۲/۶	۲۵	۴۹	۶۷/۳
۲۰۰۹/۳/۱۸	۳/۸	۱۳/۷	۲۳/۶	-	-	-	۴/۲	۲/۶	۲۸	-	۹۲
میانگین ۱۹۵۶-۲۰۱۲	۵/۵	۱۲/۵	۱۹/۷	-	-	-	۵/۳	۲/۵	۲۵/۲	-	۶۷

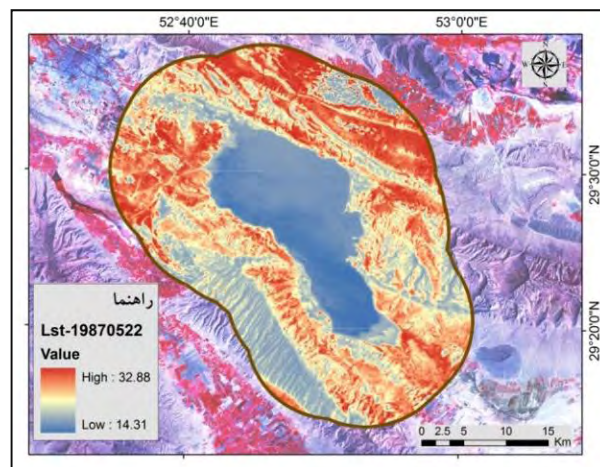
منبع: اداره کل هواشناسی استان فارس، ۱۳۹۳

دامنه‌های گرم در مناطق شمال باختری در سال ۲۰۰۹ گسترش یافته است، و در ناحیه‌هایی که دریاچه پس‌روی داشته، میزان دمای سطح خاک بیشتر شده است.

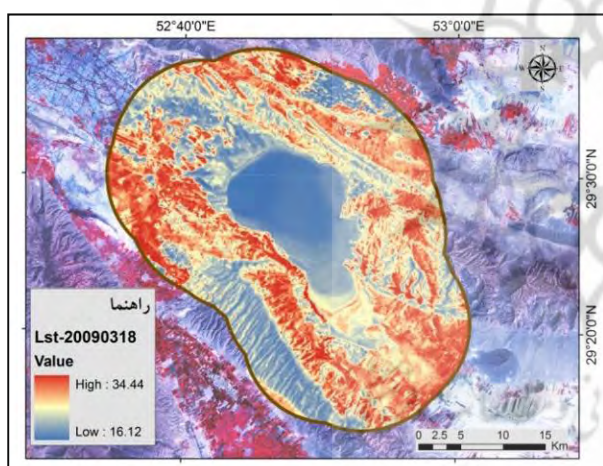
در سال ۱۹۹۹ میزان دمای کمینه و میانگین و بیشینه به ترتیب ۶، ۱۵ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۲/۴ و در سال ۲۰۰۹ نیز ۱۶، ۲۵ و ۳۴ درجه سانتی‌گراد با انحراف معیار ۳/۳ است. اما الگوی دمایی در این دو تصویر متفاوت است. (اشکال ۲۱ و ۲۲)



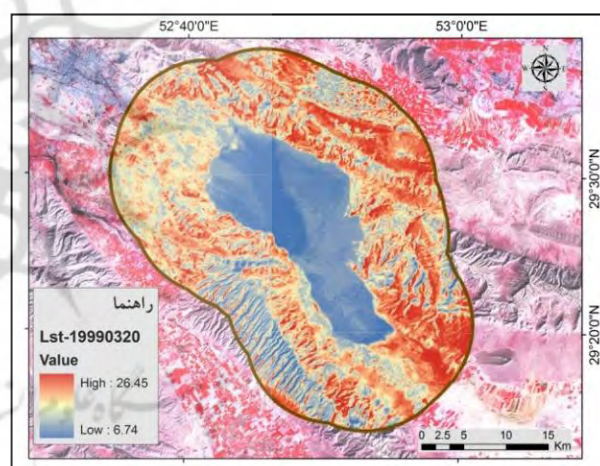
شکل ۲۰: الگوهای دمایی استخراج شده از تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست سال ۲۰۰۰ حریم دریاچه مهارلو
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۹: الگوهای دمایی استخراج شده از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست سال ۱۹۸۷ حریم دریاچه مهارلو
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۲: الگوهای دمایی استخراج شده از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست سال ۲۰۰۹ حریم دریاچه مهارلو
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱: الگوهای دمایی استخراج شده از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست سال ۱۹۹۹ حریم دریاچه مهارلو
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳

دچار کم آبی شدید است. در سال ۱۳۸۸ پس از دو سال خشکسالی پیاپی (سال آبی ۸۷-۸۸ و ۸۶-۸۷)، دریاچه در ماه آگوست هم خشک شده است. در سال آبی بعد (۸۸-۸۹) بارش به ۲۴۵ میلی متر افزایش یافته؛ اما وضعیت به همین منوال است و دریاچه در ماه آگوست خشک است. این اوضاع نشان می دهد که تا چه میزان وضعیت دریاچه، شکننده و متأثر از میزان بارش است. در عمده سال هایی که بارش زیر میانگین

نتیجه گیری

پایش صورت گرفته در زمینه تغییرات مساحت دریاچه مهارلو نشان داد در سال های ترسالی (سال آبی ۶۵-۶۶) با بارش ۴۶۵ میلی متر تا ماه اکتبر دریاچه پر آب است. این وضعیت (پرآبی دریاچه) در سال آبی ۷۶-۷۷ با بارش ۴۵۰ میلی متر، وضعیت دریاچه را تا ماه اکتبر پر آب نگه می دارد؛ اما در سال آبی ۷۸-۷۹ که بارش به زیر ۲۰۰ میلی متر کاهش یافته، دریاچه در ماه اکتبر

ایران را به شدت تهدید می‌کند؛ بیشترین تأثیر نوسانات آب دریاچه بر روی دمای کمینه شهر شیراز است، بدین ترتیب که دمای کمینه در دوره پربابی (سال ۱۹۸۷) $17/2$ درجه سانتی‌گراد است که نسبت به میانگین بلند مدت (۱۹۵۶-۲۰۱۲) $2/2$ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد؛ اما در سال کم‌آبی (سال ۲۰۰۰) $20/8$ درجه سانتی‌گراد که نسبت به میانگین بلند مدت $6/3$ درجه سانتی‌گراد و نسبت به روز مشابه در سال ۱۹۸۷ $3/6$ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. به طور کلی عمده عناصر دمایی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹ نسبت به سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۹ در ایستگاه همدید شیراز افزایش داشته است. با توجه به مطالب مطروحه در این پژوهش کوشش شد تأثیر نوسانات آب دریاچه مهارلو بر وضعیت آب و هوایی نواحی پیرامونی با استفاده از داده‌های سنجش از دور بررسی گردد.

منابع

- آل‌شیخ، علی‌اصغر و همکاران (۱۳۸۴). پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور، نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۴، شماره ۵، صص ۲۴-۹.
- جلیلی، شیدا و همکاران (۱۳۹۰). ارزیابی تأثیر شاخص‌های اقلیمی NAO و SOI بر تغییرات تراز دریاچه ارومیه، کاربرد روش‌های آنالیز طیفی سری‌های زمانی، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۱۴۹-۱۴۰.
- جهانبخش، سعید و همکاران (۱۳۸۹). دریاچه ارومیه، شاخصی کلاسیک از ارتباط بین لکه‌های خورشیدی و اقلیم در شمال غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۹، صص ۷۷-۴۹.
- حافظیه، محمود (۱۳۸۱). بررسی برخی از خصوصیات زیستی و تراکم آرتمیا در دریاچه مهارلو استان فارس، مجله علمی شیلات ایران، سال یازدهم، شماره ۴، صص ۲۸-۱۱.

(۳۰۰ میلی‌متر) رخ داده است دریاچه در ماه می دچار خشکی است. برعکس در سال‌های که بارش در سال آبی بیش از ۴۰۰ میلی‌متر است، دریاچه در تمامی ماه‌ها با پربابی همراه است. وابستگی شدید دریاچه به بارش، کوچک‌بودن حوضه آبریز، فصلی‌بودن رودهای ورودی به دریاچه، وضعیت دریاچه را به شدت حساس کرده است. بدین جهت باید از احداث هرگونه بند به ویژه از نوع مخزنی در این حوضه اجتناب شود. از این رو ساخت بند تنگ سرخی در شمال باختری حوضه می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به دریاچه وارد نماید. به طور کلی می‌توان به تأثیر بیشتر نوسانات دریاچه بر درصد شاخص پوشش گیاهی نسبت به سایر متغیرها اشاره کرد. با این حال خشک‌شدن دریاچه با توجه به جهت شمال باختری وزش باد غالب می‌تواند تأثیرات مخربی از جمله شورشیدن و مشکلات زیست محیطی بر زمین‌ها و مناطق خاوری دریاچه به همراه داشته باشد. همچنین با توجه به ارزش قابل توجه گردشگری و اکولوژیکی دریاچه (منافی و حیاتی، ۱۳۸۹؛ نیری، ۱۳۹۲)، لزوم حفاظت و حراست طبیعی از دریاچه، هم از جهت کمی (وسعت دریاچه) هم به جهت کیفی (کیفیت آب دریاچه) به لحاظ وجود شروط محدودکننده غیر زیستی مانند شوری بالا تا حد ۳۰۰ گرم در لیتر و دمای آب نسبتاً بالا، در بر دارنده آرتمیا پارتنوژنتیک^۱ (حافظیه، ۱۳۸۱: ۱۱) از اهمیت دوچندان برخوردار است.

مقایسه نتایج دیگر پژوهش‌ها در این زمینه نشان می‌دهد، روند کاهش مساحت دریاچه‌ها و تالاب‌های ایران به ویژه در وضعیت بحرانی (مہسافر و همکاران، ۱۳۸۹) به امری نسبتاً محتمل و عادی تبدیل شده است. کاهش سطح ارتفاع آب در چند دهه گذشته (آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۸۴؛ رسولی و همکاران، ۱۳۸۷) و خطر خشک‌شدن کامل پهنه‌های آبی دائمی

غریب‌رضا، محمدرضا و احمد معتمد (۱۳۸۳). بررسی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای ساحلی استان سیستان و بلوچستان از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۲، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۰، صص ۴۸-۳۵.

فاطمی، باقر و یوسف رضایی (۱۳۸۹). مبانی سنجش از دور. چاپ دوم، تهران، انتشارات آزاده.

فیاضی، فرج‌اله و دیگران (۱۳۸۶). پیشنهاد تغییرات جزئی در نمودار تکامل شوره‌ها، ارائه شده توسط آگوستر و هاردی با بررسی شوره‌ها دریاچه مهارلو، علوم زمین، سال شانزدهم، شماره ۶۳، صص ۱۰-۱.

فیضی‌زاده، بختیار و محمود حاجی میرحیمی (۱۳۸۷). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)، همایش ژئوماتیک، صص ۱۰-۱.

قهرودی‌تالی، منیژه و دیگران (۱۳۹۰). شناسایی پهنه‌های رسوبی ناشی از تحولات اقلیمی در پلاهای مهارلو با بکارگیری تکنیک PCA و شاخص OIF. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره ۳، صص ۳۶-۲۱.

محمدی یگانه، بهروز و دیگران (۱۳۹۲). اثرات کاهش سطح آب دریاچه ارومیه در اقتصاد کشاورزی روستاهای پیرامون (مطالعه موردی: دهستان مرحمت‌آباد شمالی، شهرستان میان‌دوآب)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره پنجم، صص ۷۱-۵۵.

منافی ملایوسفی، مرضیه و باب اله حیاتی (۱۳۸۹). برآورد ارزش تفریحی دریاچه مهارلو شیراز با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط، نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۳، صص ۳۰۲-۲۹۱.

مهاسفر، حمید و دیگران (۱۳۸۹). اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه، تحقیقات منابع آب، سال هفتم، شماره ۱، صص ۵۸-۴۷.

نعیمی نظام‌آبادی، علی و دیگران (۱۳۸۹). پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه)، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰، صص ۶۱-۴۵.

نیری، زهرا (۱۳۹۲). احیای منظر تفریحی دریاچه مهارلو، منظر، شماره ۲۲، صص ۲۱-۱۸.

خاکسار، کاوه و همکاران (۱۳۸۵). تعیین حساسیت سازندهای زمین شناسی حوضه آبریز مهارلو به فرسایش، علوم زمین، سال شانزدهم، شماره ۶۲، صص ۱۴-۱.

رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای. تبریز، انتشارات دانشگاه تبریز.

رسولی، علی‌اکبر و شیرزاد عباسیان (۱۳۸۸). تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی تراز سطح آب دریاچه‌های ارومیه، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۴، شماره ۲۸، صص ۱۶۵-۱۳۷.

رسولی، علی‌اکبر و همکاران (۱۳۸۷). پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره‌ای چند سنجنده‌ای و چند زمانه‌ای، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۷۱-۵۳.

رنجبر، محسن و فاضل ایرانمنش (۱۳۹۰). مرفودینامیک ساحلی و تغییرات دوره‌های شمال دریای عمان (تالاب‌های جزر و مدی سواحل شرقی تنگه هرمز)، فصلنامه جغرافیا، سال نهم، شماره ۳۱، صص ۲۵۴-۲۳۵.

زمردیان، محمد جعفر و همکاران (۱۳۹۱). تحلیل لندفرم‌های هیدروژئومورفولوژیک حوضه آبریز دریاچه مهارلو بر مبنای روابط تعاملی فرایندهای مورفوتکتونیک، مورفوکلیماتیک و هیدرومورفیک، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال دهم، شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۷.

سفایانیان، علیرضا (۱۳۸۸). بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکارسازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷، علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال سیزدهم، شماره ۴۹، صص ۱۶۴-۱۵۳.

شایان، سیاوش و مهدی جنتی (۱۳۸۶). شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (سنجنده‌های ETM, TM & LISSIII)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۳۹-۲۵.

ضیائی‌ان فیروزآبادی، پرویز و همکاران (۱۳۸۹). تهیه نقشه لندفرم و جزر و مد ساحل شهرستان بوشهر با استفاده از GPS, GIS, RS در محدوده قانونمند ساحلی (CRZ)، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۱، صص ۲۳۴-۲۱۳.

Xiaolu, S., Bo, C., (2011). Change Detection Using Change Vector Analysis from Landsat TM Images in Wuhan, *Procedia Environmental Sciences*, No. 11, P: 238 – 244.

یمانی، مجتبی و دیگران (۱۳۹۰). بررسی تغییرات دوره‌های خط ساحلی شرق تنگه هرمز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۴، صص ۲۲-۵.

Artis, D. A., and Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, No 12, P: 313– 329.

Duan, Z., Bastiaanssen, W.G.M. (2013). Estimating water volume variations in lakes and reservoirs from four operational satellite altimetry databases and satellite imagery data, *Remote Sensing of Environment*, Vol 134, P: 403–416.

<http://earthexplorer.usgs.gov>

<http://www.landcover.org>

Landsat Project Science Office (2002). Landsat 7 Science Data User's Handbook URL: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html.

Lu, D., P. Mausel, E. Brondi'zio and E. Moran (2004). Change detection techniques, *Int. J. Remote Sensing*, VOL. 25, No. 12, p: 2365–2407.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351, P: 309-317.

Sima, S., Ahmadalipour, A. Tajrishy, M. (2013). Mapping surface temperature in a hyper-saline lake and investigating the effect of temperature distribution on the lake evaporation, *Remote Sensing of Environment*, Vol 136, P: 374–385

Sima, S., Tajrishy, M. (2013). Using satellite data to extract volume–area–elevation relationships for Urmia Lake, Iran, *Journal of Great Lakes Research*, Vol 39, P: 90–99.

Singh, A., Seitz, F., Schwatke, C. (2012). Inter-annual water storage changes in the Aral Sea from multi-mission satellite altimetry, optical remote sensing, and GRACE satellite gravimetry, *Remote Sensing of Environment*, Vol 123, P: 187–195.

Sobrino, A., Juan, C., Jiménez-Muñoz. And Leonardo Paolinib, (2004). Land Surface temperature Retrieval from LANDSAT TM 5, *Remote Sensing of Environment*, No 90, P: 434-440.

Trumpickas, J., Shuter, B J., Minns, C K. (2009). Forecasting impacts of climate change on Great Lakes surface water temperatures, *Journal of Great Lakes Research*, Vol 35, P: 454–463