

## مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره ۱۳، شماره ۴۹، پاییز ۱۴۰۱

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹ تأیید نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳

صص ۱-۱۷

پژوهشی

### ارزیابی و مدلسازی تغییرات فیزیکی تالاب ارژن در رابطه با پارامترهای اقلیمی با استفاده از سنجش از دور

رحمان زندی<sup>۱</sup>، استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه حکیم سبزواری  
ابوذر نصیری، استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مرکز آموزش عالی فیروزآباد  
مریم خسرویان، دانش‌آموخته دکتری آب و هواشناسی - تغییرات آب و هوایی، دانشگاه حکیم سبزواری  
مهدی زارعی، استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری

#### چکیده

تغییرات شدید اقلیمی، کاهش نزولات آسمانی، افزایش دما و به دنبال آن افزایش تبخیر و تعرق و نیز فعالیت‌های انسانی اعم از تغییرات کاربری اراضی، در دهه‌های اخیر باعث کاهش چشمگیر مساحت سطوح آبی شده است. در این بین، بررسی نوسان‌های سطح آب دریاچه‌ها، به منظور حفاظت آن‌ها به لحاظ اهمیت، ماهیت در سال‌های اخیر در بین کشورها در سطح ملی و منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات فیزیکی تالاب ارژن و روند پارامترهای اقلیمی و نیز ارتباط بین موارد یاد شده است. جهت نیل به هدف یاد شده، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و محاسبه شاخص NDWI مساحت دریاچه‌ها از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۸ محاسبه گردید. نتایج حاکی از کاهش مساحت در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه است. به طوری که تالاب ارژن از سال ۲۰۱۳ بصورت کامل خشک شده است. کمترین میزان بارش ثبت شده در این بازه در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ به ترتیب با میزان ۱۲۷/۸۲ و ۱۰۶/۷ میلی‌متر است. میانگین دمایی در دوره مطالعاتی ۱۹۸۶-۲۰۱۸، ۱۹/۴۴ درجه سانتیگراد بوده و دما در این بازه با میزان ۰/۶ درجه سانتیگراد دارای روند افزایشی است. در بین پارامترهای آب و هوایی مورد بررسی پارامتر بارش با ضریب همبستگی حدود ۰/۵۳ و تبخیر و تعرق پتانسیل با ضریب همبستگی حدود ۰/۴۳- همبستگی بیشتری با تغییرات مساحت دریاچه‌ها داشتند. جهت پیش‌نگری پارامترهای اقلیمی دما و بارش منطقه مورد مطالعه در دهه‌های آتی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) از مدل HadCM2 پروژه Cordex-WAS تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد که نتایج بیانگر روند کاهشی بارش و افزایش دما است. از میان عوامل مورد بررسی در این پژوهش دو عامل اصلی، متوسط بارندگی سالیانه منطقه مورد مطالعه و تبخیر سالیانه در سال‌های اخیر بعنوان عواملی که بیشترین تأثیر و همبستگی را با تغییرات فیزیکی تالاب داشتند، مدنظر قرار گرفته شد. پس با توجه به این مسأله، با استفاده از میزان بارش و تبخیر تعرق پیش‌بینی شده برای بازه‌ی زمانی ۲۰۲۰-۲۰۵۰، مساحت تالاب با استفاده از این پارامترها تخمین زده شد که نتایج نشانگر ادامه روند کاهش تالاب است.

**کلمات کلیدی:** تغییرات فیزیکی، ارژن، پارامتر اقلیمی، سنجش از دور

\*Email: rahmanzandi@gmail.com

نویسنده مسئول:

## ۱- مقدمه

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر به‌ویژه  $\text{CO}_2$  در دهه‌های اخیر، از عوامل مهم وقوع تغییرات اقلیم جهانی و گرم شدن کره‌ی زمین بیان شده است (IPCC1, 2007; Cao et al, 2011). در این گرمایش بیش از ۲۲ گاز دخالت دارند که سهم گازهای دی اکسید کربن ( $\text{CO}_2$ ) و متان ( $\text{CH}_4$ ) که گازهای گلخانه‌ای نامیده می‌شوند، بیش از دیگر گازهاست (Raupach and Fraser, 2001; Houghton et al, 2001). راه‌کند ساختن روند گرمایش کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و تلاش برای سازگاری با اثرات تغییرات اقلیم است (Schlesinger, 2001). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آینده می‌تواند آثار منفی بر سامانه‌های گوناگون از جمله منابع آب، کشاورزی و به ویژه محیط زیست، بر جای گذارد (IPCC, 2007; Solomon, 2007, Samadi et al, 2009; Kozehgaran, & Mousavi Baigi, 2015). امروزه موضوع تغییرات اقلیم به دلیل پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی، یکی از مباحث مهم تبدیل شده و علاقه‌مندی و تحلیل علمی آن در بین پژوهشگران ایجاد شده است (Peterson و همکاران، ۲۰۰۸؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۱). تغییرات آب و هوایی آینده عمدتاً از طریق مدل‌های ترکیبی جو اقیانوس (AOGCMS) و از طریق تخمین میزان خروجی انتشار گازهای گلخانه‌ای و سناریوهای مرتبط با این انتشار که توسط هیئت بین‌الدول تغییرات اقلیم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، واکاوی می‌شود (Stephenson et al., 2006; Xu, 1999; Ghosh, 2008). مدل‌های اقلیم منطقه‌ای با توجه به ناهمواری‌ها و عوارض مختلف سطح زمین قادر به ریز مقیاس نمودن داده‌های مدل‌های گردش عمومی هوا و تبدیل آن‌ها به داده‌های منطقه‌ای خواهند بود (Mearns et al., 2003). طبق گزارش‌ها تغییرات اقلیم باعث ایجاد تغییر در رژیم هیدرولوژی در چند دهه اخیر در سطح جهان شده است (Lane et al., 1999).

امنیت آب شرب مورد نیاز بشر در آینده تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت، افزایش تقاضای آب و تغییر در روش زندگی و رفاه اجتماعی ممکن است به خطر بیفتد (Rodrigues et al., 2014). بارش مهم‌ترین منبع آب شیرین در هر منطقه بوده و ممکن است تحت تأثیر اقلیم کاهش یابد که این امر موجب کاهش آب شیرین قابل دسترس (سطحی و زیرزمینی) در آینده خواهد شد (Mishra and Singh, 2010). مناطق ساحلی، بویژه محیط دریاچه‌های داخلی، به عنوان محیط‌های اکولوژیک مورد توجه قرار گرفته است (Jensen, 1996). اشکال و پدیده‌های طبیعی سطح زمین خیلی سریع تغییر پیدا می‌کنند و این تغییرات در طول زندگی انسان بسیار چشمگیر است (Macloed & Congalton, 1998). پایش و ارزیابی چنین مناطقی می‌تواند، به عنوان یک امر مهم در توسعه ملی و مدیریت منابع طبیعی تلقی شود (Dasarathy, 1991; upp, 1988). نکته‌ای که اهمیت زیادی دارد این است که بتوان چنین تغییراتی را به دقت بررسی کرده تا فرایندهای طبیعی و انسانی بوجود آورنده این تغییرات را بخوبی شناخت. در طی چند دهه گذشته، استفاده از فناوری سنجش از دور برای تشخیص چنین تغییراتی در طی زمان توجه محققان را به خود معطوف کرده است (Singh, 1989). فناوری سنجش از دور کاربرد بی‌نظیری در کسب اطلاعات از دریاچه‌ها دارد؛ چرا که تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی مزایا و امتیازهایی دارد که در دسترس بودن و تفسیر آن‌ها از مهم‌ترینشان محسوب می‌شود (Tucker, 1979; Gross, et al., 2006; Ressel, et al., 2009). بررسی تغییرات اقلیم و اثرات آن بر منابع آب می‌تواند زمینه‌ساز اتخاذ سیاست‌های راهبردی آینده‌ی مدیریت منابع آب باشد (Hardy, 2003; Mansori et al, 2014).

استان فارس نیز از تأثیرات تغییرات آب و هوایی در امان نبوده و در سال‌های اخیر منابع طبیعی و بالخصوص پهنه‌های آبی این استان تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی دچار آثار سوء و بعضاً جبران‌ناپذیری شده است. تالاب ارژن نیز از جمله پهنه‌های آبی این استان است که در سال‌های اخیر کاملاً خشک شده است. در این پژوهش سعی بر آن شده تا با بررسی عوامل و پارامترهای آب و هوایی و تغییرات آن، نقش و تأثیر تغییرات آب و هوایی در از بین رفتن پهنه آبی مذکور بررسی شود. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی نقش تغییرات پارامترهای آب و هوایی در از بین رفتن پهنه آبی ارژن است. در راستای این پژوهش، سؤالاتی از قبیل: - روند بارش و دما در استان فارس به چه صورت بوده است؟

- آیا می‌رسد ارتباط معنی داری بین تغییرات فیزیکی پهنه‌های آبی و پارامترهای آب و هوایی وجود دارد؟؛ پیش می‌آید.

در زمینه آثار تغییر اقلیم بر منابع آب یک سری پژوهش‌ها به انجام رسیده است که می‌توان به پژوهش‌های Erturk و همکاران (۲۰۱۴)، Lemieux و همکاران (۲۰۱۵)، Shrestha و همکاران (۲۰۱۶) و Yoshioka و همکاران (۲۰۱۶)، Abdo et Hashemi et al, 2009، Narula و Gosain (۲۰۱۴)، Jange و همکاران (۲۰۱۲)، Goure و همکاران (۲۰۱۱)، Tan Zarghami et al, 2011; al, 2003; et al, 2018. اشاره نمود.

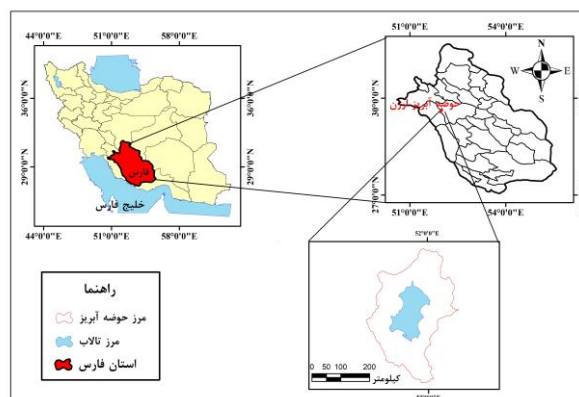
## ۲- داده و روش

### ۲-۱- روش گردآوری داده‌ها

جهت انجام این تحقیق از دو سری داده‌های زیر استفاده شده است:  
داده‌های مورد استفاده شامل دو دسته داده‌های هواشناسی و داده‌های سنجش از دور و همچنین داده‌های سایت CORDEX است، که در ادامه به توضیح هر کدام از داده‌ها پرداخته می‌شود.  
الف) داده‌های هواشناسی: شامل داده‌های بارش، دما (میانگین، بیشینه، کمینه)، تعداد روزهای بارانی، تبخیر و تعرق. این داده‌ها در بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و با توجه به نزدیکی و همچنین طولانی بودن داده‌های موجود در ایستگاه شیراز از ایستگاه شیراز استفاده و داده‌ها به صورت کمی بررسی شد.  
ب) داده‌های ماهواره‌ای: شامل تصاویر Landsat جهت محاسبه شاخص آبی پهنه‌های آبی استان فارس است. برای بررسی تغییرات فیزیکی پهنه‌های آبی از تصاویر لندست در بازه‌ی مورد مطالعه استفاده شد. تصاویر این سنجنده هر ۱۶ روز یک بار از هر نقطه تصویر تهیه می‌کنند که ابعاد سلول‌های آن ۳۰\*۳۰ مترمربع است.

### ۲-۲- منطقه مورد مطالعه

تالاب ارژن، در شمال استان فارس و در دامنه‌های شرقی بخش جنوبی زاگرس قرار گرفته است. دریاچه‌های مذکور محل تخلیه آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه هستند. حوضه مذکور بین مختصات جغرافیایی ۴۲-۵۱ تا ۳۱-۵۴ درجه طول شرقی و ۰۰-۲۹ تا ۱۴-۳۱ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه ۳۱۴۹۲ کیلومترمربع است که حدود ۴۲/۹۲ درصد آن را مناطق کوهستانی و ۵۰/۰۸ درصد آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

- پیش‌نگری داده‌های اقلیمی

داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های دما و بارش روزانه ایستگاه‌های شیراز، آباده، داراب، لار، لامرد، درودزن، فسا، نیریز و زرقان در بازه زمانی ۲۰۰۵ - ۱۹۸۶ است که از شرکت مدیریت منابع آب ایران و سازمان هواشناسی کل کشور تهیه گردید (جدول ۱). شبیه‌سازی ۱۷ مدل گردش کلی پروژه CORDEX - WAS (جنوب آسیا) از پایگاه داده ESGF<sup>۱</sup> دریافت شد. شایان ذکر است که داده‌های اقلیمی در مدل‌های برنامه CORDEX تا پایان سال ۲۰۰۵ میلادی به عنوان دوره تاریخی و از اول ژانویه ۲۰۰۶ تا ۳۱ دسامبر ۲۱۰۰ میلادی برای سناریوهای انتشار آینده در نظر گرفته شده است.

برای اجرای این پروژه، نخست برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار MATLAB برای استخراج داده‌های مدل در محدوده ایران و سپس مقایسه داده‌های مشاهداتی با داده‌های مدل با در نظر گرفتن این شرط که در قدرت تفکیک 0.44، ایستگاه مشاهداتی با یاخته متناظر فاصله‌ای کمتر از ۲۵ کیلومتر داشته باشد، تنظیم شد. مبنای انتخاب این فاصله (۲۵ کیلومتر) به کارگیری بیشترین تعداد ایستگاه‌ها در تنظیم داده‌های دوره پایه به منظور ارزیابی دقت خروجی مدل‌های منطقه‌ای است.

- ارزیابی مدل‌های انتخابی (GCM) در دوره تاریخی

پس از ارزیابی دقت مدل‌ها برای دوره پایه و انتخاب مدل‌های مناسب (۱۰ مدل منتخب)، متغیرهای اقلیمی (بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل) تولید شده توسط این مدل‌ها با متغیرهای مشاهداتی در تمام ایستگاه‌های حوضه در دوره پایه مقایسه شدند. برای این منظور از شاخص‌های اعتبارسنجی RMSE، R2، MAD و NS استفاده شد.

- ریزمقیاس‌نمایی

یکی از ضعف‌های مدل‌های اقلیمی بزرگ مقیاس بودن سلول محاسباتی آن‌ها، به لحاظ مکانی نسبت به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. لذا این متغیرها برای مطالعات هیدرولوژی و منابع آب از دقت کافی برخوردار نیستند. روش‌های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای از سناریوهای اقلیمی مدل‌های GCM وجود دارد که به این روش‌ها ریزمقیاس‌نمایی گفته می‌شود (Wilby & et al, 2004).

در این پژوهش، به منظور تصحیح خطای داده‌های شبیه‌سازی شده ماهانه بارش و دما در دوره تاریخی و سپس دوره آینده در هر یک از ایستگاه‌ها از روش مقیاس‌گذاری خطی استفاده شد (Shrestha & et al, 2017 و Bhatta & et al, 2019). روش مقیاس‌گذاری خطی یکی از پرکاربردترین روش‌های ریزمقیاس‌نمایی است که اغلب به منظور کاهش خطا بین خروجی‌های GCM و داده‌های مشاهداتی استفاده می‌شود. در این روش پس از استخراج دما و بارندگی ماهانه برای دوره مشاهده و مدل (۱۹۸۶-۲۰۰۵)، با محاسبه تفاوت ماهانه دراز مدت دما و درصد تغییرات بارندگی در دوره مذکور، سناریوی اقلیمی مطابق روابط (۱) و (۲) برآورد و به داده‌های تاریخی حوضه اضافه (برای دما) و ضرب (برای بارندگی) می‌شود:

$$\text{This}(d) = \text{This}(d) + [\mu\text{m}(\text{Tobs}(d) - \mu\text{m} \text{This}(d))] \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Phis}(d) = \text{Phis}(d) * [\mu\text{m}(\text{Pobs}(d) / \mu\text{m} \text{Phis}(d))] \quad \text{رابطه (۲)}$$

سری زمانی دما و بارش دوره آتی نیاز به این صورت محاسبه می‌شود:

$$\text{Tsim}(d) = \text{Tsim}(d) + [\mu\text{m}(\text{Tobs}(d) - \mu\text{m} \text{This}(d))] \quad \text{رابطه (۳)}$$

1. <http://www.cordex.org>

2. linear scaling method (LSM)

$$\text{Psim (d)} = \text{Psim (d)} * [\mu\text{m(Pobs(d)} / \mu\text{m Phis(d))}] \quad \text{رابطه (۴)}$$

در روابط فوق، که در آن، P = بارش، T = دما، d = روزانه،  $\mu\text{m}$  = متوسط بلند مدت ماهانه، obs = داده‌های مشاهده شده/اندازه‌گیری شده، sim = داده‌های شبیه‌سازی شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

ردیف	ایستگاه	ارتفاع(متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نوع ایستگاه
1	شیراز	۹۹۹/۲	۳۲/۲۹	۵۲/۶۳	سینوپتیک
2	داراب	۱۰۹۸	۲۸/۴۷	۵۴/۱۷	سینوپتیک
3	فسا	۱۲۶۸	۲۸/۵۳	۵۳/۴۳	سینوپتیک
4	آباده	۲۰۳۰	۳۱/۱۱	۵۲/۳۶	سینوپتیک
5	سد درودزن	۱۶۴۲	۳۰/۱۲	۵۲/۲۵	سینوپتیک
6	زرقان	۱۵۹۶	۲۹/۴۶	۵۲/۴۲	سینوپتیک
7	لار	۷۹۲	۲۷/۴۰	۵۴/۲۲	سینوپتیک
8	لامرد	۴۱۱	۲۷/۲۲	۵۳/۱۱	سینوپتیک
9	نیریز	۱۶۳۲	۲۹/۱۱	۵۴/۲۱	سینوپتیک

ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

#### • تبخیر و تعرق

دو فرایند تبخیر و تعرق همواره به صورت هم‌زمان در یک منطقه اتفاق می‌افتد (به جز مواردی همچون سطح آب آزاد و اراضی بدون پوشش گیاهی) و جدا کردن سهم هر کدام از آن‌ها در یک منطقه امری بسیار مشکل و ناممکن است. بنابراین معمولاً دو فرایند تبخیر و تعرق به صورت واحد در نظر گرفته شده و به صورت یکجا اندازه‌گیری می‌شوند.

در این پژوهش جهت بررسی روند تغییرات در بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) از داده‌های موجود در ایستگاه هواشناسی شیراز که حاصل برداشت داده از تشت تبخیر بود استفاده گردید. و اما جهت محاسبه‌ی تبخیر و تعرق از روش هایگریوز- سامانی استفاده شد که در ادامه به توضیح این روش پرداخته می‌شود.

روش هایگریوز- سامانی

در روش هایگریوز- سامانی فقط به داده‌های دمای هوا نیاز است، در این روش لازم است برای دوره مورد بررسی دمای متوسط هوا (T) و تفاوت متوسط حداکثر و حداقل دما (TR) در طول دوره مورد بررسی در دسترس باشد. سپس با داشتن تابش خورشیدی (Ra)، مقدار تبخیر و تعرق به صورت رابطه (۵) قابل محاسبه است (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$\text{ET0} = 0.0023\text{Ra} (\text{T} + 17.8)(\text{TR}0.5) \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه (۵) TR تفاوت حداکثر و حداقل دما (TR = Tmax - Tmin) بر حسب سانتیگراد است، واحد ET0 نیز همان واحد Ra را خواهد داشت (هایگریوز-سامانی، ۱۹۸۵).

#### • شاخص نرمال شده رطوبت (NDWI)

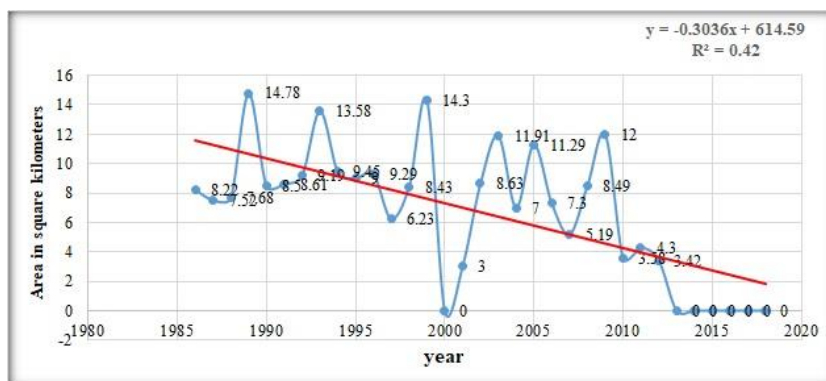
این شاخص برای به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج سبز، به حداقل رساندن بازتاب کم NIR با ویژگی‌های آب، و بازتاب بالای NIR توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است. در نتیجه، ویژگی‌های



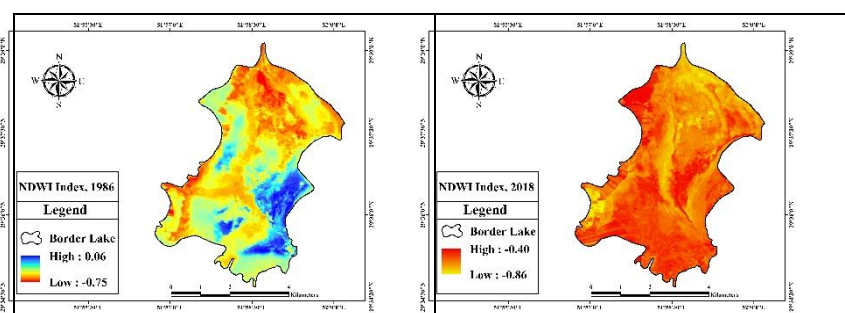
و هوایی با دانش و فناوری روز باشد. در این بین، بررسی نوسان‌های سطح آب دریاچه‌ها به منظور حفاظت آن‌ها به لحاظ اهمیت، ماهیت و موقعیت این مجموعه‌های آبی و به منزله‌ی عاملی برای ادامه‌ی حیات و میراثی طبیعی، در سال‌های اخیر در بین کشورها در سطح ملی و منطقه‌ای اهمیت بسیاری پیدا کرده است. در حال حاضر تالاب ارژن کاملاً خشک شده است.

در این پژوهش، ابتدا مساحت تالاب محاسبه و نتایج آن در قالب شکل و جدول در ادامه ذکر خواهد شد. نتایج حاصل از محاسبه مساحت تالاب بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و متوسط عناصر آب و هوایی بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی شیراز (شامل تبخیر و تعرق، دما، بارش و روزهای بارانی) در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۶-۲۰۱۸ در طی فرایند پژوهش محاسبه شد.

تالاب ارژن در طول دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) نوسان زیادی را داشته اما می‌توان اذعان نمود که بحران اصلی آن از سال ۲۰۱۳ بوده که تالاب به صورت کامل خشک و مساحت آن مطابق شاخص NDWI صفر است (شکل ۴). در سال ۲۰۰۰ نیز مساحت دریاچه ۰ بوده که نسبت به سال‌های قبل افت شدیدی داشته است. علاوه بر این در دوره‌ی مطالعاتی کمترین مساحت تالاب مربوط به سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ به ترتیب با مساحت ۳، ۳/۵۸، ۴/۳ و ۳/۴۲ کیلومترمربع بوده است.



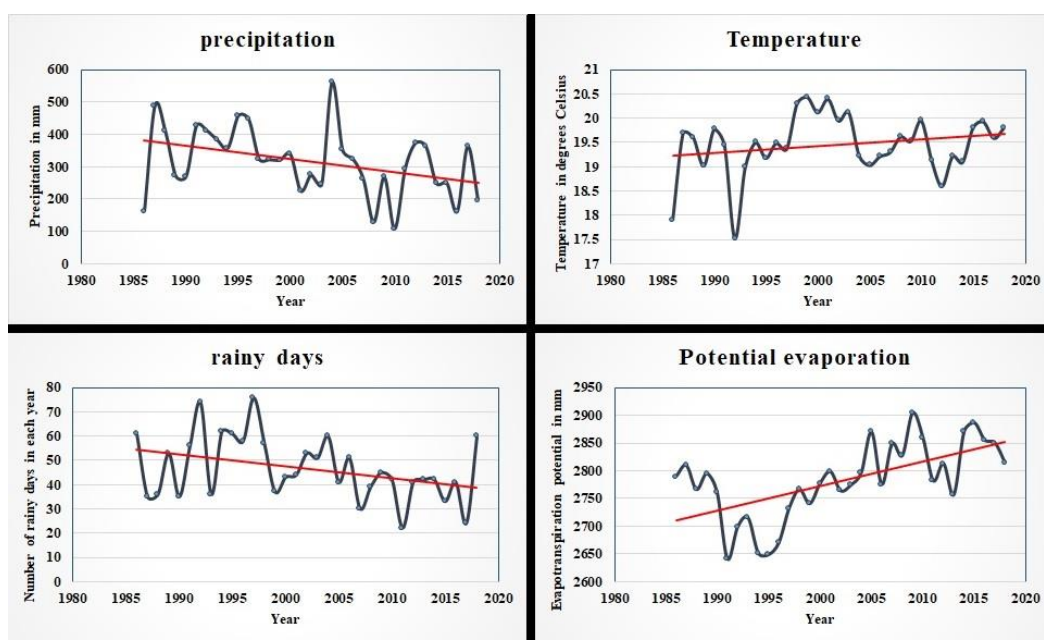
شکل ۳: تغییرات مساحت تالاب ارژن طی بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۱۸



شکل ۴: مساحت دریاچه بختگان بر اساس شاخص NDWI سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۸

پس از بررسی تغییرات مساحت تالاب مذکور به بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در بازه زمانی مورد مطالعه (۱۹۸۶-۲۰۱۸) پرداخته شد. از بررسی پارامترهای اقلیمی (بارش، دما، تبخیر/تعرق و تعداد روزهای بارانی) نتایج زیر حاصل شد (شکل ۵):

**بارش:** روند بارش در طول دوره مطالعاتی، کاهش یافته است. میانگین بارش در این بازه زمانی ۳۱۴/۴۱ میلی‌متر است. کمترین میزان بارش ثبت شده در این بازه در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ به ترتیب با میزان ۱۲۷/۸۲ و ۱۰۶/۷ میلی‌متر است. در کل، نرخ کاهش بارش ۴/۲ میلی‌متر به ازای هر سال بوده است (شکل ۵).  
**دما:** میانگین دمایی در دوره مطالعاتی ۲۰۱۸-۱۹۸۶، ۱۹/۴۴ درجه سانتیگراد بوده و دما در این بازه با نرخ ۰/۶ درجه سانتیگراد روند افزایشی را طی کرده است. جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است.  
 با توجه به کاهش بارش و افزایش دما در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۶-۲۰۱۸، بر این اساس تبخیر تعرق روندی افزایشی دارد. بیشترین میزان تبخیر تعرق در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب به مقدار ۲۸۵۹/۹ و ۲۸۸۶/۴ میلی‌متر بوده و در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ با مقدار به ترتیب ۲۷۶۰/۸ و ۲۶۷۰ میلی‌متر کمترین میزان خود را داشته است (شکل ۵).  
 شکل ۴). براساس مطالعات جدیدی که به کمک مشاهدات ماهواره‌ی Grace انجام شده و نتایج آن در مجله‌ی نیچر چاپ شده، میزان تبخیر و تعرق در دنیا بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ حدود ۱۰ درصد افزایش یافته است (John et al, 2021). نتایج پژوهش حاضر نیز همین روند را تأیید می‌کند.  
**روزهای بارانی:** تعداد روزهای بارانی هم در این بازه رو به کاهش بوده است.



شکل ۵: نوسانات پارامترهای اقلیمی طی دوره آماره ۱۹۸۶-۲۰۱۸

### ۳-۱- ارتباط بین تغییرات فیزیکی پهنه‌های آبی مورد مطالعه و عناصر اقلیمی

#### • بارش

در بررسی ارتباط بین بارش و مساحت دریاچه‌های استان فارس، مشخص گردید که در بین پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در این پژوهش، بارش (جدول ۲) بیشترین نقش را در خشک شدن پهنه‌های آبی این استان دارد (شکل ۸a).

جدول ۲: همبستگی مساحت با میزان بارش طی بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

دریاچه	سطح معنی‌داری	R	معادله
ارژن	0.01	0.53	$y = 5.2208x + 279.46$



### • تبخیر و تعرق پتانسیل

تبخیر و تعرق یکی از عوامل مهم در چرخه هیدرولوژی و از جمله عوامل تعیین کننده‌ی معادلات انرژی در سطح زمین و توازن آب است و برآورد آن در زمینه‌های مختلف مانند هیدرولوژی، کشاورزی، مدیریت منابع آب و ... مورد نیاز است ۶۴٪ از بارش‌ها به دلیل تبخیر و تعرق ایجاد کننده ارتباط مابین المان‌های مهم کره زمین و اتمسفر محسوب می‌شود (Su و همکاران، ۲۰۰۶). تبخیر و تعرق در تالاب مورد مطالعه ضریب همبستگی بالا (بیش از ۰/۶۰-) و ارتباط مستقیم و معنی‌داری را با تغییرات مساحت دریاچه نشان می‌دهد (جدول ۳ و ۴). بنابراین در بین پارامترهای مورد بررسی علاوه بر بارش، تبخیر و تعرق نیز نقش چشم‌گیری داشته است.

جدول ۳: همبستگی مساحت با میزان تبخیر و تعرق طی بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

دریاچه	سطح معنی‌داری	R <sup>2</sup>	معادله
ارژن	۰/۰۱	۰-/۴۲	$y = -5.8806x + 2821.3$

### • دما

افزایش دما و به دنبال آن افزایش تبخیر و تعرق، باعث بروز مشکلی جدی در زمینه‌های هیدرولوژیکی، آب‌های سطحی و زیرسطحی شده که اخیراً خشک شدن دریاچه‌های داخلی به این مسائل اضافه شده که استان فارس نیز از این قاعده مستثنی نیست. دما در استان فارس نیز، طی بازه زمانی مورد مطالعه ۱۹۸۶-۲۰۱۸ روند افزایشی داشته است (شکل ۶). روند افزایش دمای جهانی ناشی از تغییرات اقلیمی ۰/۵ درجه سانتیگراد در طول ۱۰۰ سال برآورد شده است (فرج‌زاده، ۱۳۹۵). نرخ افزایش دما در طول دوره مورد بررسی ۰/۵ است که نشان می‌دهد این نرخ ۳ برابر نرخ افزایش جهانی دما است. اگر براساس شرایط تغییر اقلیم دما افزایش پیدا می‌کند می‌بایست نهایتاً ۰/۱۷ درجه در طول بازه مطالعاتی ۱۹۸۶-۲۰۱۸ دما افزایش پیدا می‌کند. با توجه به اینکه رابطه‌ی بین دما و تبخیر و تعرق رابطه‌ی مستقیمی است لذا دما تأثیر خود را به صورت غیرمستقیم در بحث تبخیر و تعرق نشان داده است.

جدول ۴: همبستگی مساحت با میزان دما طی بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

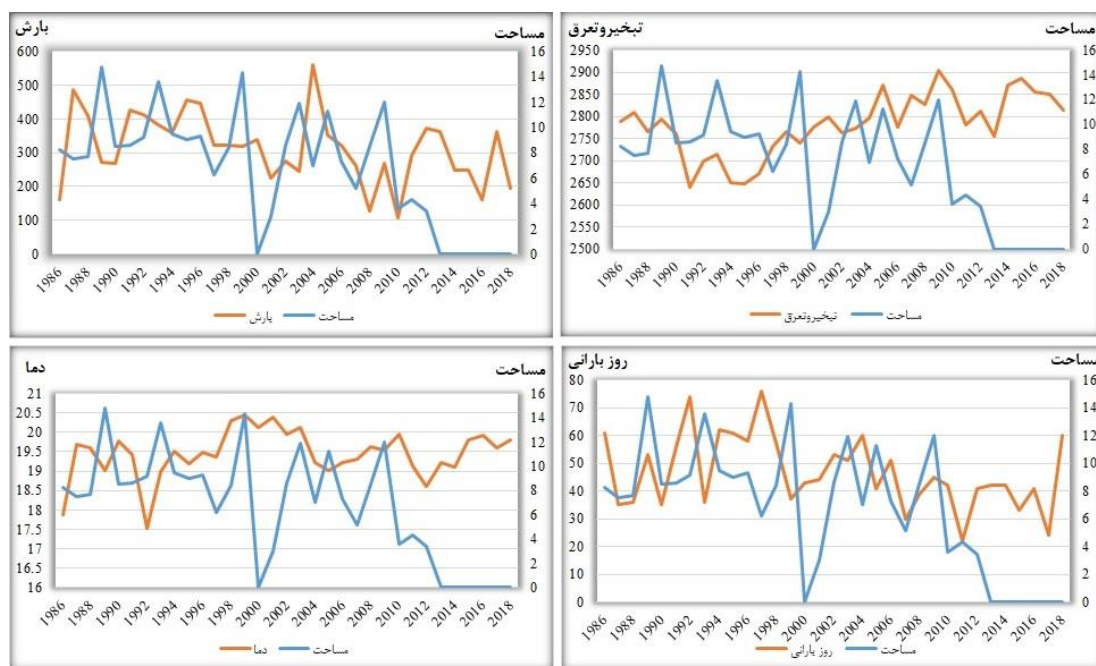
دریاچه	سطح معنی‌داری	R <sup>2</sup>	معادله
ارژن	-۰/۹۶	۰/۰۱	$y = -0.0185x + 19.57$

### • روزهای بارانی

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تغییر آب و هوا که نیازمند بررسی دقیق‌تر است، بررسی توزیع زمانی بارش و تغییرات تاریخی آن است. با توجه به کاهش تعداد روزهای بارانی و همچنین متمرکز شدن تعداد آن‌ها در بازه‌های زمانی مشخص در استان فارس، می‌توان روند رو به کاهش تعداد روزهای بارندگی در این استان را جز یکی از عوامل تعیین کننده در وضعیت بحرانی دریاچه‌ها دانست (شکل ۶).

جدول ۵: همبستگی مساحت با تعداد روزهای بارانی طی بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

دریاچه	سطح معنی‌داری	R <sup>2</sup>	معادله
ارژن	-۰/۹۶	۰/۳۸	$y = 0.7365x + 41.76$



شکل ۶: تغییرات پارامترهای اقلیمی و مساحت دریاچه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

• تغییر اقلیم

امروزه بیشترین اطلاعات از وضعیت تغییر اقلیم در آینده با استفاده از شبیه‌سازی‌های صورت گرفته توسط مدل‌های جفت شده جوی - اقیانوسی ( $AOGCM^1$ ) به دست می‌آید. در این مدل‌ها، روابط توصیف کننده رفتار جو بر مبنای شبکه‌ای سه بعدی که نشان‌دهنده‌ی سطح افقی کره زمین و ارتفاع عمودی جو است، حل می‌شوند. مهم‌ترین بخش مدل‌های اقلیم، تفکیک مکانی<sup>۲</sup> آن‌ها است که به وسیله‌ی آن، اقلیم واقعی کره زمین شبیه‌سازی می‌گردد. اما با توجه به اینکه قدرت تفکیک مکانی مدل‌های اقلیمی به طور نسبی پایین بوده و سلول‌های محاسباتی این مدل‌ها بزرگتر از وسعت منطقه مطالعاتی هستند، لازم است که خروجی این مدل‌ها جهت فراهم شدن امکان مقایسه با داده‌های مشاهداتی، ریزمقیاس شود (Valizade et al, 2014).

جهت صحت‌سنجی مدل‌ها ابتدا مقادیر ضریب تعیین یا  $R^2$ <sup>۳</sup> و مجذور میانگین مربع خطا یا RMSE، برای مقایسه-ی دما و بارش شبیه‌سازی شده توسط دو مدل HadCM2 و Can بر اساس دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 و مقادیر واقعی ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد (جدول ۶).

بر اساس شاخص‌های آماری نشان داده شده در جدول (۶)، مدلی که بالاترین ضریب  $R^2$  و کمترین مقدار RMSE را داشته باشد به عنوان مورد اعتمادترین و بهترین مدل برای منطقه مورد نظر انتخاب خواهد شد. بدین ترتیب چنانچه در جدول (۶) مشاهده می‌شود، در استان فارس از بین دو مدل HadCM2 و Can، مدل HadCM2 بیشترین کارایی را در شبیه‌سازی داده‌های بارش و دمای این منطقه داشته است. بنابر نتایج به دست آمده، جهت پیش‌بینی پارامتر بارش به دلیل اینکه  $R^2$  حاصله از مدل HadCM2، با ضریب  $0/81$  نسبت به مدل Can مناسب‌تر بود برای پیش‌نگری دما و بارش آینده ایستگاه استفاده شد. در مورد پارامتر دما گرچه هر دو مدل دارای مقادیر قابل قبول ضرایب  $R^2$  و RMSE هستند اما به دلیل بالاتر بودن ضریب  $R^2$  و نیز کمتر بودن ضریب RMSE، از مدل HadCM2 جهت پیش‌نگری پارامتر دما استفاده شد.

1. Atmospheric Ocean General Circulation Model  
 2. Resolution  
 3. Coefficient of Determination

جدول ۶: صحت‌سنجی پارامترهای بارش و دمای متوسط شبیه‌سازی شده

Can		HadCM2		پارامتر
RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	
۲۸/۱	۰/۵۱	۱۴	۰/۸۱	بارش
۰/۷۳	۰/۹۵	۰/۵۸	۰/۹۸	دما

## ۳-۲- روند بارش و دما براساس مدل HadCM2 تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5

## • دما و بارش

جهت پیش‌نگری پارامترهای اقلیمی دما و بارش منطقه مورد مطالعه در دهه‌های آتی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) از مدل HadCM2 پروژه Cordex-WAS تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. دوره پایه ۱۹۸۶-۲۰۰۵ و دوره مدل‌سازی آینده ۲۰۲۰-۲۰۵۰ در نظر گرفته شدند. بنابر نتایج به دست آمده، دمای منطقه مورد مطالعه تا پایان سال ۲۰۵۰، براساس سناریو RCP4.5، ۱.۸۵ و بر اساس RCP8.5، ۲.۱۵ درجه سانتیگراد نسبت به دوره مشاهداتی افزایش خواهد یافت (شکل Ya و Yb). همچنین بارش نیز براساس سناریو RCP4.5، ۱۵ درصد (۳۲/۹۲mm) کاهش و بر اساس سناریو RCP8.5، ۴۱ درصد (۷۰/۵۱ mm) نسبت به دوره‌ی پایه کاهش یافته است (شکل Yc و Yd).

جدول ۸: دمای مشاهداتی و پیش‌نگری بر اساس

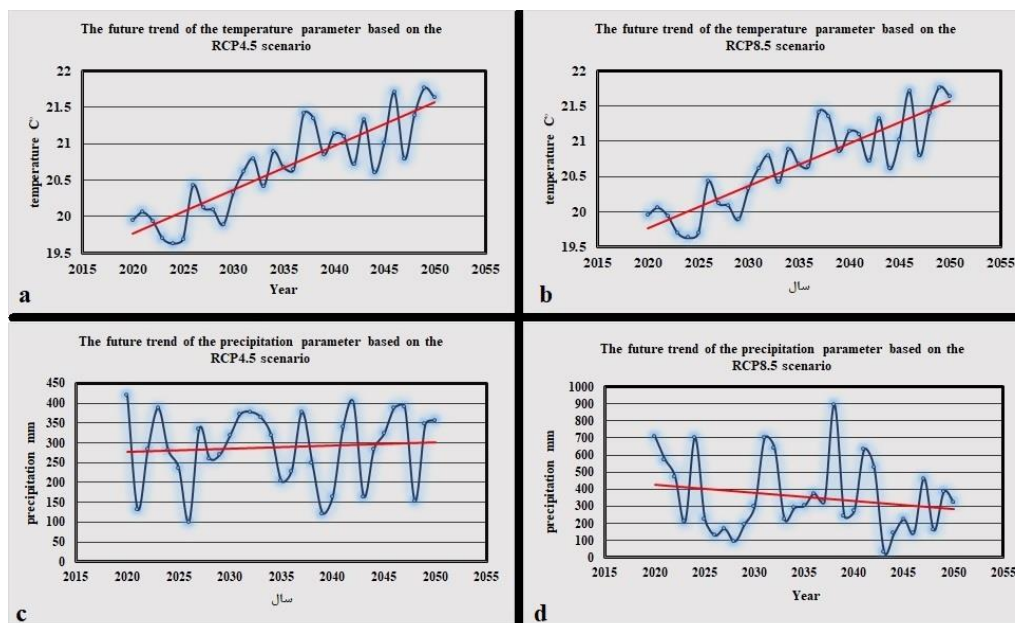
## سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5

ماه	مشاهده	RCP8.5	RCP4.5
jan	۶/۴۶	۸/۴۳	۸
feb	۸/۵	۹/۸۵	۹/۴۷
mar	۱۲	۱۳/۳۷	۱۳/۴۴
apr	۱۷/۳	۱۸/۷۵	۱۸/۶
may	۲۲/۹۹	۲۴/۳۷	۲۴/۱۳
jun	۲۷/۴۸	۲۹/۴۴	۲۸/۹۶
jul	۳۰/۱۶	۳۲/۲۷	۳۲/۲
aug	۲۹/۳۹	۳۱/۸۸	۳۱/۵۸
sep	۲۵/۴۷	۲۸/۳۹	۲۷/۹۲
oct	۱۹/۹۷	۲۳/۳۲	۲۲/۸۱
nov	۱۳/۴۲	۱۶/۳۴	۱۵/۹۹
dec	۸/۹۴	۱۰/۷۹	۱۰/۴

جدول ۷: بارش مشاهداتی و پیش‌نگری بر اساس

## سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5

ماه	مشاهده	RCP8.5	RCP4.5
Jan	۹۴/۱۹	۶۸/۰۹	۷۱/۰۹
Feb	۶۰/۵۱	۷۳/۰۸	۶۸/۳۵
Mar	۵۷/۳۹	۲۸/۸۳	۹۲/۲۳
Apr	۲۲/۲۲	۲۳/۴۴	۲۸/۵۸
May	۳/۲۴	۴/۴۴	۴/۲۲
Jun	۰/۲۹	۰	۰
Jul	۰/۳	۰	۰
Aug	۱/۴۳	۰	۰
Sep	۰/۰۱	۰	۰
Oct	۳/۹	۲/۷۵	۲/۵۹
Nov	۲۵/۴۴	۲۹/۱۴	۳۰/۳۰
Dec	۹۱/۷۴	۱۰۷/۲	۱۳۳/۸



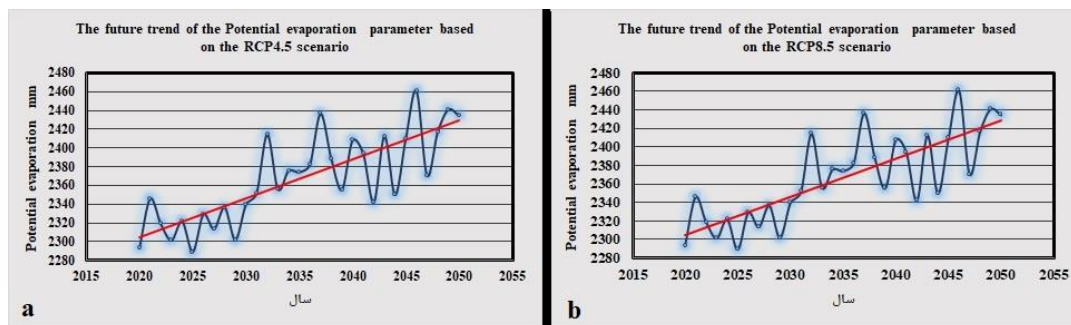
شکل ۷: نمودارهای روند آینده پارامترهای بارش و دما بر اساس سناریوهای ۴.۵ و ۸.۵ برای بازه‌ی زمانی (۲۰۲۰-۲۰۵۰)

• تبخیر و تعرق پتانسیل

تبخیر و تعرق یکی از پارامترهای مهم در چرخه‌ی هیدرولوژی است که بر منابع آب‌های سطحی تأثیر مستقیم می‌گذارد. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی می‌تواند بر میزان تبخیر و تعرق اثر بگذارد، به نحوی که می‌توان با مشخص نمودن روند آن، میزان اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق را تعیین کرد.

تبخیر-تعرق به عنوان مقدار آبی که می‌تواند از یک سطح کاملاً پوشیده از گیاه بدون محدودیت آب در منطقه از طریق تبخیر-تعرق وارد اتمسفر شود، تعریف می‌شود و تخمین آن در مقیاس نقطه‌ای با روش‌های مختلفی صورت می‌پذیرد. در این پژوهش جهت برآورد تبخیر و تعرق، با توجه به داده‌های موجود از روش هایدرو-سازمانی استفاده شد. بدین ترتیب که با استفاده از میانگین دمای هوا و میانگین حداقل و حداکثر دمای هوا، میزان تبخیر و تعرق برای بازه‌ی زمانی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) محاسبه گردید.

بنابر نتایج به دست آمده براساس سناریوی RCP4.5 میزان تبخیر-تعرق پتانسیل در بازه زمانی (۲۰۲۰-۲۰۵۰)، ۱۸۰/۹۳ میلیمتر نسبت به دوره مشاهداتی و براساس سناریو RCP8.5 نسبت به دوره‌ی مشاهداتی ۱۸۲/۰۱ میلیمتر افزایش یافته است (شکل ۱۰a و ۱۰b).



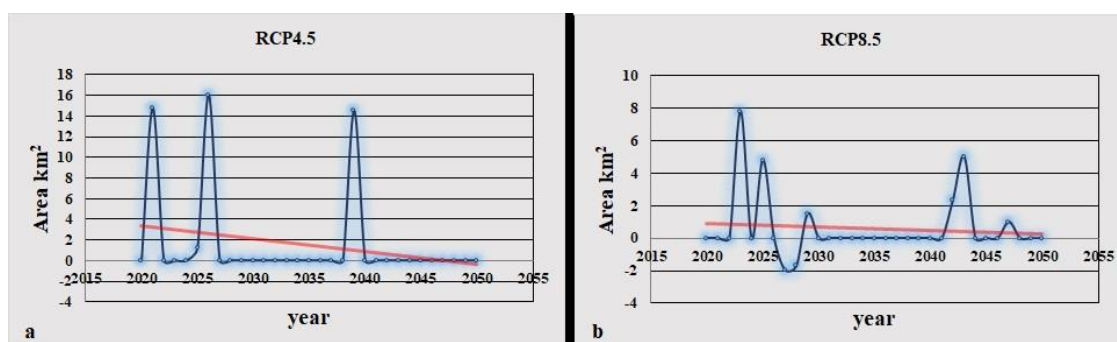
شکل ۸: میزان تبخیر و تعرق برآورد شده براساس سناریوهای اقلیم RCP4.5 و RCP8.5 برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۵۰

۳-۳- پیش‌بینی تغییرات فیزیکی تالاب ارژن براساس مدل HadCM2، سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 در ادامه با استفاده از روابط همبستگی به دست آمده از پارامترهای اقلیمی و مساحت (جدول ۲ تا ۵)، مساحت دریاچه برای دوره (۲۰۲۰-۲۰۵۰) با استفاده از پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی شده، تخمین زده شد. تالاب ارژن

همانطور که پیش‌تر اشاره شد در سال‌های پایانی دوره‌ی مشاهداتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) مساحت تالاب بطور کل صفر شده است. پس از محاسبه‌ی مساحت بازه‌ی زمانی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و بررسی روند پارامترهای اقلیمی و بررسی میزان همبستگی بین مساحت‌های گذشته و پارامترهای اقلیمی، معادله‌ی پیشنهادی جهت محاسبه مساحت تالاب ارژن آینده به شکل ساده به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$\text{Area} = 72.32 - 0.02 (\text{Precipitation}) - 0.0291 (\text{Evaporation}) \quad \text{معادله‌ی ۱:}$$

بر اساس داده‌های پیش‌نگری HadCM2، در بازه‌ی زمانی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) تحت سناریو RCP4.5 مساحت دریاچه بختگان، ۶/۸۶ درصد و تحت سناریوی RCP8.5 ۴/۳۸ درصد نسبت به دوره‌ی پایه کاهش می‌یابد. همانطور که مشاهده می‌شود (شکل ۹)، تحت هر دو سناریو مساحت تالاب روند نزولی خود را طی می‌کند و وضعیت بحرانی تالاب ارژن کماکان ادامه پیدا خواهد کرد و در هر دو سناریو سال‌هایی وجود دارند که تالاب مجدداً خشک شده و مساحت صفر شود.



شکل ۹: نمودار مساحت دریاچه بختگان تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5

#### ۴- نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم عبارت است از رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت از اطلاعات مشاهده شده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است. شواهد زیادی بر مبنای داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی‌های صورت گرفته از وضعیت اقلیمی وجود دارد که منابع آب شیرین به شدت تحت تأثیر تغییر اقلیم آسیب‌پذیر است. تغییرات آب و هوایی در نتیجه‌ی کاهش بارندگی، افزایش دما، استفاده‌ی بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرسطحی در مناطق و حوضه‌های آبریز به روشنی قابل مشاهده است. امروزه تنزل کیفیت و کمیت منابع آبی یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی توسعه‌ی پایدار است. در این شرایط، پایش و ارزیابی مناطق ساحلی امری مهم در توسعه‌ی ملی و مدیریت منابع طبیعی تلقی می‌شود. براساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه (۱۹۸۶-۲۰۱۸)، بیانگر روند کاهشی بارش و روند افزایشی دما است. بنابر نتایج به دست آمده، میانگین بارش در این بازه زمانی ۳۱۴/۴۱ میلی‌متر است. کمترین میزان بارش ثبت شده در این بازه در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ به ترتیب با میزان ۱۲۷/۸۲ و ۱۰۶/۷ میلی‌متر است. براساس پیش‌نگری‌های انجام شده از پارامترهای اقلیمی با استفاده از مدل HadCM2 پروژه Cordex-WAS تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5، و

نیز بهره‌جویی از تغییرات مساحت دریاچه‌ها و پارامترها و بررسی همبستگی بین آن‌ها، مساحت تالاب ارژن در بازه‌ی زمانی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) تحت سناریو RCP4.5 ۶/۸۶ درصد و تحت سناریوی RCP8.5 ۴/۳۸ درصد نسبت به دوره‌ی پایه کاهش می‌یابد.

## ۵- منابع

۱. علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، دانشگاه امام رضا، موسسه چاپ. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ بیست و ششم.
2. Jensen, J.R. (1996). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*;e (Second Edition). Prentice-Hall, Upper Saddle River New Jersey, 316, 1996.
3. Macleod, R. S, & R. G, Congalton. (1998). a quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. *Photogrammetric and Remote Sensing of Environment*, Vol. 8.
4. Dasarathy, V. (1991). Nearest neighbor classification techniques; IEEE Computer Society.
5. Upp, D. L. (1989). Background and extensions to depth of penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters. *Proceeding of the Symposium on remote sensing of Coastal zone*, Gold Coast, Queensland, September 1988, IV.2.1-IV.2.19.
6. Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data, *Int J. R. S.* Vol.10, No 6.
7. Tucker, C. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, Volume 8, pp 127-150.
8. IPCC. (2007). *Climate change 2007: The scientific basis*. IPCC fourth assessment. A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Chang, pp 18.
9. Mearns, L, Giorgi, F, Whetton, P, Pabon, D, Hulme, M, and Lal, M. (2003). *Guidelines for use of climate scenarios developed from regional climate model experiments*. DDC of IPCCTG CIA. Final Version.
10. Schlesinger, W. H. (2011). *Climate Change*. International, 378-390.
11. Stephenson, D. B, Pavan, V, Collins, M, Junge, M. M. and Quadrelli, R. (2006). North Atlantic Oscillation response to transient greenhouse gas forcing and the impact on European winter climate: a CMIP2 multi-model assessment. *Climate Dynamics*, 27(11), 401-420.
12. Raupach, M, and Fraser, P. (2011). *Climate and greenhouse gases*. CSIR O Publishinf, Collingwood, Victoria.
13. Jang, C. S, Liu, C. W, & Chou, Y. L. (2012). Assessment of groundwater emergency utilization in Taipei Basin during drought. *Journal of hydrology*, 414(23), 405-412.
14. Guar, Sh, Chahar, B.R, and Graillot, D. (2011). Combined use of Groundwater Modeling and Potential Zone Analysis for Management of Groundwater. *Journal of Applied Earth Observation and Geoformation*. 13(14), 127-139.
15. Ertürk, A, Ekdal, A, Gürel, M, Karakaya, N, Guzel, C, and Gönenc, E. (2014). Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed. *Science of the Total Environment*. 499(12), 437-447.
16. Lemieux, J, Hassaoui, J, Molson, J, Therrien, R, Therrien, P, Chouteau, M, and Ouellet, M. (2015). Simulating the impact of climate change on the groundwater resources of the Magdalen Islands, Québec, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 3(24), 400-423.
17. Shrestha, S, Viet Bach, T, and Prasad Pandey, V. (2016). Climate change impacts on groundwater resources in Mekong Delta under representative concentration pathways (RCPs) scenarios. *Environmental Science & Policy*, 61(25), 1-13.

18. Yoshioka, Y, Nakamura, K, Horino, H, and Kawashima, S. (2016). Numerical assessments of the impacts of climate change on regional groundwater systems in a paddy-dominated alluvial.
19. Narula, K. K., & Gosain, A. K. (2013). Modeling hydrology, groundwater recharge and non-point nitrate loadings in the Himalayan Upper Yamuna basin. *Science of The Total Environment*, 468, S102-S116.
20. Wang, Q-x, Fan, X-h, Qin, Z-d, Wang, M. (2012). Change Trends of Temperature and Precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961–2010. *Global and Planetary Change*, 138–147.
21. Peterson, T. C, Zhang, X. B, India, M. B, Aguirre, J. (2008). Changes in North American Extremes Derived from Daily Weather Data. *Journal of Geophysical Research*, 41(4), 123-135.
22. Rodrigues, D., Gupta, H, Mendiondo, E. (2014). A blue/green water-based accounting framework for assessment of water security. *Water Resources Research*, 50(17), 7187-7205.
23. Mishra, A, Singh, V. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 1(2), 202- 216.
24. Hardy, J. (2003). *Climate Change: Causes, Effects, and Solutions*. John Wiley & Sons, Ltd.
25. Lane, M, Kirshen, P, Vogel, R. (1999). Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources, *ASCE, J, Water Resour. Planning and Manag.* 125(2), 194-204.
26. Hashmi, M, Shamseldin, A, Melville, B. (2009). Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach. 18th World IMACS, MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17.
27. Abdo, K, Fiseha, B, Rientjes T, Gieske, A, Haile. (2009). Assessment of climate change impacts on the hydrology of Gilgel Abay catchment in Lake Tana Basin. Ethiopia, *Hydrological Processes*, Published online in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/hyp.7363.
28. Zarghami, M, Abdi, A, Babaeian, I, Hassanzadeh, Y, Kanani, R. (2011). Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global and Planetary Change*, 78(12), 137-146.
29. Mohammed, R, Scholz, M. (2017). *Adaptation Strategy to Mitigate the Impact of Climate Change on Water Resources in Arid and Semi-Arid Regions: a Case Study*. *Water Resources Management*, 31(21), 3557-3573.
30. Solomon, S. (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. UK: Cambridge University Press.
31. Samadi, S, Mahdavi, M, Sharifi, F, Bihamta, M. (2009). Methodology for selecting the best predictor for climate change impact assessment in Karkheh Basin, Iran. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 4(21), 249–256.
32. Houghton, J, Ding, Y, Griggs, D, Noguer, M, VanDer Linden, P, Dai, X, Maskell, K, Johnson, C. (2001). *The Scientific Basis Contribution of Working, Group I of The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change*. New York, Ny: Cambridge University Press.
33. Xu, C. (1999). From GCMs to river flow: a review of downscaling methods and hydrologic modelling approaches. *Progress in Physical Geography*, 2(4), 229–249.
34. Ghosh, S, Mujumdar, P. (2008). Statistical downscaling of GCM simulations to stream flow using relevance vector machine. *Advances in Water Resources*, Volume 31, PP 132–146.
35. Cao, L, Zhang, Y, Shi, Y. (2011). Climate change effect on hydrological processes over the Yangtze River basin. *Quaternary International*, 244(12), 202-210.
36. Kozehgaran, S, Mousavi Baigi, M. (2015). Investigation of Meteorological Extreme Events in the North-East of Iran. *Journal of Water and Soil*, 29(3), 750-764.

37. Mansori, B, Ahmadzadeh, H, Massah Boani, A, Morid, S, Delavar, M, Lotfi, S. (2014). Assessment of climate change on water resources of Zarrineh roud basin using SWAT model. *Journal of Water and Soil (Agriculture science)*, 28(6),1191-1203.
38. Elias, E, Rango, C, Steele, J, Mejia, R, Baca, D, James, P. (2016). Simulated impact of climate change on hydrology of multiple watersheds using traditional and recommended snowmelt runoff model methodology. *Journal of Water and Climate Change*, 7(1), 665-682.
39. Dietrich, J, Maier, N. (2016). Using SWAT for strategic planning of basin scale irrigation control policies: a case study from a humid region in northern Germany. *Water Resources Management*, 30(16), 3285-3298.
40. Santhi, C, Muttiah, R, Arnold, J G, and Srinivasan, R. (2005), A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. *Transactions of the ASAE*, 48(21), 137-147.
41. Tan, M L, Yusop, Z, Chua, V P, Chan, N W. (2017). Climate change impacts under CMIP5 RCP scenarios on water resources of the Kelantan River Basin Malaysia. *Atmospheric Research*, 189(21), 1-10.
42. McFeeters, S.K. (1996). The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*. 17(5), 1425–1432.
43. Su, H, Wood, R, Wojcik , M, McCabe. (2006). Sensitivity Analysis of Regional Scale Evaporation Predictions to the Forcing Data, American Geophysical Union. Fall Meeting 2007.
44. Valizadeh, J, Ziaei, S, Mazloumzadeh, S. (2014). Assessing climate change impacts on wheat production (a case study), *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 13(4), 107-115.



## Evaluation and modeling of physical changes in Arjan wetland in relation to climatic parameters using remote sensing

**Rahman Zandi**<sup>\*1</sup>, Assistant Professor of Remote Sensing and Geographic Information System, Hakim Sabzevari University

**Abouzar Nasiri**, Assistant Professor of Remote Sensing and Geographical Information System, Firozabad High Education Center

**maryam khosravian**, PhD student in hydrology and climate change, Hakim Sabzevari University

**mahdi zarei**, Assistant Professor of Geography Research Department, Hakim Sabzevari University

### Abstract

Severe climate change, declining rainfall, rising temperatures and subsequent increase in evapotranspiration, as well as human activities including land use change, have significantly reduced the area of water levels in recent decades. In the meantime, the study of fluctuations in the water level of lakes, in order to protect them in terms of importance, nature in recent years among countries at the national and regional levels has a special place. The purpose of this study is to investigate the physical changes of Arjan wetland and the trend of climatic parameters as well as the relationship between the mentioned cases. To achieve this goal, the area of the lakes from 1986 to 2018 was calculated using Landsat satellite images and the NDWI index. The results indicate a decrease in area over the study period. Arjan wetland has been completely dry since 2013. It is the lowest rainfall recorded in this period in 2008 and 2010 with the amount of 127.82 and 107.7 mm, respectively. The average temperature in the study period 2018-1986 was 19.44 degrees Celsius and the temperature in this period with an amount of 0.6 degrees Celsius has an increasing trend. Among the studied climatic parameters, the precipitation parameter with a correlation coefficient of about 0.53 and the potential evapotranspiration with a correlation coefficient of about -0.43 are more correlated with changes in the area of lakes. The HadCM2 model of Cordex-WAS project under two scenarios of RCP4.5 and RCP8.5 was used to predict the climatic parameters of temperature and precipitation of the study area in the coming decades (2020-2050). The results show a decreasing trend of precipitation. And rising temperatures. Among the factors studied in this study, two main factors, the average annual rainfall of the study area and annual evaporation in recent years were considered as the factors that had the greatest impact and correlation with the physical changes of the wetland. Therefore, according to this issue, using the amount of precipitation and evaporation of sweat predicted for the period 2020-2020, the area of the wetland was estimated using these parameters, which is the results indicate the continuation of the process of reducing the wetland.

**Keywords:** Physical changes, Arjan, Climatic parameter, Remote sensing

---

<sup>1</sup>\* Email: rahmanzandi@gmail.com