Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Estimation of ecological water flow requirements of Bakhtegan and Tashk internationally important wetlands and contribution of climatic and anthropogenic factors in their drought

Arya Vazirzadeh✉[1], Sasan Kafaei[2]
1. Corresponding Author, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: vazirzadeh@shirazu.ac.ir
2. Fars Department of Environment, Shiraz, Iran. Email: sasankafaei@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Sep. 5, 2022

Revised: Oct. 18, 2022

Accepted: Oct. 23, 2022

Published online: Dec. 22, 2022

Keywords:
Bakhtegan wetland,
Precipitation,
Evaporation,
Runoff,
Water balance.

ABSTRACT

Bakhtegan and Tashk internationally important Wetland is one of the largest wetland sites in Iran that has dried up in recent years. This study was conducted to estimate the ecological water requirements of this wetland site. For this purpose, first the basic data including long term trend of rainfall, SPI and flow rates of Kor and Sivand rivers as the main feeding sources of wetlands were analysed. Then, to estimate the ecological water requirement, changes in the wetland area in the long run were investigated. Also, changes in Flamingo species as an ecologic index were studied in line with wetlands surface changes. The results showed that the amount of ecological water required to maintain the ecological functions of Bakhtegan and Tashk wetland from the Kor-Sivand River at the entrance of the wetland in dry, normal and wet yearsare 700, 826 and 1037 million cubic meters, respectively. The best times to release the water from upstream sources are February, March and April, respectively. The most important factors contributing in the drought of wetlands include increase of agrilands to fed excessive increase of the basin population, non-sustainable management of water resources, construction of new dams in watershed, significant reduction of rainfall and increasing of dry seasons during last two decades.

Cite this article: Vazirzadeh, A., & Kafaei, S. (2022) Estimation of ecological water flow requirements of Bakhtegan and Tashk internationally important wetlands and contribution of climate and anthropogenic factors in their drought. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53 (10), 2225-2245. https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.348250.669350

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.348250.669350

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۱۰ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

برآورد نیازآبی اکولوژیک تالاب‌های بین‌المللی بختگان و طشک و سهم عوامل اقلیمی و انسانی در خشکیدگی آن‌ها

آریا وزیرزاده[1]✉، ساسان کفایی[2]

۱. نویسنده مسئول، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیطزیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: vazirzadeh@shirazu.ac.ir
۲. اداره کل حفاظت محیطزیست استان فارس، شیراز، ایران، ایمیل: sasankafaei@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۷/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۱

واژه‌های کلیدی:
تالاب بختگان،
طشک،
اقلیم،
نیاز آبی اکولوژیک.

چکیده

تالاب بین‌المللی بختگان و طشک یکی از بزرگترین سایت‌های تالابی ایران است که در سال‌های اخیر خشک شده است. این تحقیق با هدف برآورد نیاز آبی اکولوژیک تالاب بختگان انجام شد. بدین منظور ابتدا تغییرات درازمدت داده های پایه شامل بارش در ایستگاه‌های منتخب، شاخص خشکسالی و تغییرات آورد رودخانه‌های کر و سیوند بعنوان منابع اصلی تغذیه تالاب‌های بختگان و طشک آنالیز شد. برای برآورد نیاز آبی اکولوژیک ابتدا تغییرات مساحت تالاب در درازمدت بررسی شد. همچنین تغییرات گونه فلامینگو بعنوان گونه شاخص تالاب هم‌راستا با تغییرات تالاب بررسی شد. میزان حقابه اکولوژیک مورد نیاز برای حفظ کارکردهای اکولوژیک تالاب‌های بختگان و طشک از رودخانه کر-سیوند در محل ورود به تالاب در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالیبه ترتیب ۷۰۰ میلیون متر مکعب، ۸۲۶ میلیون متر مکعب و ۱۰۳۷ میلیون مترمکعب برآورد گردید. بهترین زمان رهاسازی حقابه تالاب از منابع آبی بالادست به ترتیب اولویت، ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین پیشنهاد می‌گردد. مهمترین عوامل موثر در خشکیدگی تالاب‌ها، افزایش سطح زیرکشت بالادست حوضه در اثر افزایش بیش از اندازه جمعیت حوضه، ، مدیریت ناصحیح و ناپایدار منابع آبی، احداث سدهای جدید در بالادست حوضه، کاهش بارندگی و افزایش شدت خشکسالی در دو دهه اخیر در منطقه بوده است.

استناد: وزیرزاده؛ آریا، کفایی؛ ساسان، (۱۴۰۱) برآورد نیازآبی اکولوژیک تالاب های بین المللی بختگان و طشک و سهم عوامل اقلیمی و انسانی در خشکیدگی آن‌ها. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۳ (۱۰)، ۲۲۴۵-۲۲۲۵. https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.348250.669350

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.348250.669350

© نویسندگان.

مقدمه

هر اکوسیستم آبی برای بقا و عملکرد مناسب، نیاز به مقدار ویژه‌ای آب دارد که به آن نیاز آبی زیست‌محیطی اطلاق می‌شود. به‌طور کلی نیاز آبی، رژیم آبی مورد نیاز برای بقاء و حفظ پایداری اکولوژیکی محیط‌های آبی در حداقل سطح ریسک می‌باشد (Sajedipour et al., 2017)، بنابراین شناسایی و تخصیص آب زیست‌محیطی تالاب‌ها نقش موثری در حفاظت از عملکردهای اکوسیستم خواهد داشت. تأمین حداقل جریان مورد نیاز برای بقاء تالاب ها توسعه اقتصادی و فقرزدایی از جوامع وابسته به محیط آبی را به‌دنبال خواهد داشت و ادامه حیات محیط آبی و استفاده‌های بشر از آن را تضمین می‌نماید (Fennessy et al., 2007).

به‌طور کلی تالاب‌ها یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌ها در حفظ تنوع زیستی، تامین غذا، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، تعدیل شرایط اقلیمی،کنترل سیلاب، و گردشگری طبیعی محسوب می‌شوند، اما عدم توجه به وضعیت تالاب‌ها در تخصیص‌های بی‌رویه منابع آبی آن برای نیازهای بشری، این اکوسیستم‌های ارزشمند را در بسیاری از نقاط دنیا با چالش‌های جدی مواجه ساخته است. اثرات این روند تخریبی بر کاهش کیفیت زندگی انسان‌ها و تنوع زیستی، منجر به تدابیر ویژه‌ای در راستای مدیریت منابع آبی تالاب‌ها در راستای توسعه پایدار شده است (Tiner, 1996) .

نخستین اقدام لازم برای حفاظت از تالاب‌ها، اطلاع از میزان آب مورد نیاز یک تالاب برای تداوم حیات و حفظ کارکردها و خدمات آن برای جوامع بشری و تنوع زیستی وابسته به آن است. به‌عبارت دیگر مهم‌ترین مؤلفه حفظ ارزش‌ها و خدمات تالاب، محاسبه میزان نیاز آبی زیست‌محیطی آن در قالب مدیریت یکپارچه منابع حوضه آبریز و تأمین آن برای تالاب است. البته کیفیت، زمان و نحوه تامین آب مورد نیاز تالاب نیز موضوعی با اهمیت و نیازمند توجه و دقت ویژه‌ای است؛ کما این‌که به‌نظر می‌رسد روند حفظ برخی از تالاب‌های بحرانی کشور علی‌رغم وجود منابع آب در دسترس در زمان‌هایی که سایر بخش‌ها نیازی به آن ندارند، به‌دلیل عدم وجود یک برنامه منسجم برای تعیین و تأمین نیاز آبی تالاب‌ها باشد.

تالاب‌هادر ایران همواره در تامین آب مورد نیاز دچار مشکل هستند و از آن‌جا که همیشه در پایین‌دست منابع آبی قرار گرفته‌اند، آن‌طور که باید به آب مورد نیاز برای ادامه حیات خود دست نمی‌یابند. در بسیاری موارد در اجرای طرح‌های توسعه منابع آب به‌ویژه طرح‌های سدسازی و انتقال آب بین حوضه‌ای سهم آب زیست‌محیطی در پایین‌دست نادیده گرفته شده و باعث تغییر عمده در رژیم هیدرولوژیکی حوضه شده است. تغییرات کاربری حاشیه تالاب‌ها، آلودگی‌های سرازیر شده از بالادست توسط جریان‌های سطحی و زیرزمینی، فرسایش خاک در بالادست حوضه آبریز تالاب‌ها بر اثر تخریب جنگل‌ها و مراتع، شکار و صید غیرمجاز و راه‌یابی گونه‌های غیربومی به تالاب‌ها از دیگر عواملی است که تالاب‌های کشور را تهدید می‌کنند (Vazirzadeh et al., 2021).

تالاب‌های بختگان و طشک وسیع ترین سایت تالابی استان فارس و یکی از بزرگترین تالاب‌های کشور می‌باشد. این سایت تالابی جزو سایت‌های با اهمیت بین‌المللی ایران است. تالاب‌های یادشده دامنه‌ی وسیع و متنوعی از زیستگاه‌های آبی را با شوری‌های متغیر از (شیرین تا فوق شور) را فراهم می‌نمایند که در سال‌هایی که آب کافی داشته باشد زیستگاه مطلوبی جهت طیف وسیعی از آبزیان از جلبک تک سلولی دونالیه‌لا و سخت پوست آرتمیا تا پرندگان بزرگ چون فلامینگوها فراهم می‌نماید. در صورت زنده بودن این اکوسیستم موجودات ریز و درشت خشکی‌زی نیز می‌توانند در حاشیه تالاب با بهره‌مندی از زیستمندان تالاب تداوم حیات داشته باشند. تالاب بختگان همچنین نقش بی بدیلی در تعدیل اقلیم منطقه و تامین رطوب مناطق ساحلی از جمله انجیرستان‌های اطراف بعنوان بزرگ‌ترین انجیرستان‌های دیم جهان دارد. متاسفانه این تالاب‌ها از نیمه‌ی دوم دهه ۸۰ رو به خشکی رفته و قابلیت ارایه‌ی خدمات خود را از دست داده اند (Vazirzadeh *et al*., 2021).

در دهه‌های اخیرحوضه طشک و بختگان رتبه اول را در بین حوضه‌های آبریز مختلف کشور از لحاظ رشد و تراکم جمعیتی زیاد و درصد بهره‌برداری بالا از منابع بالقوه، داشته است که این امر منجر به ایجاد فشار زیاد به منابع آبی شده و حاصل آن کمبود آب در پایین دست حوضه‌ی آبریز و خشکیدگی تالاب‌های طشک و بختگان بوده است (Bagheri *et al*., 2016).

با توجه به اهمیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی زیاد تالاب طشک–بختگان در منطقه، برآورد نیاز آب زیست‌محیطی این تالاب ضروری به‌نظر می‌رسد. در گذشته و در مقاطع زمانی مختلف برآورد نیاز آبی تالاب‌های طشک و بختگان مورد توجه محققین بوده است (Bagheri et al., 2016; Torabi et al., 2018; Rooyan Co, 2008).

تیموری و همکاران (۱۳۹۰) نیاز آبی تالاب‌های بختگان و طشک را با استفاده از تکنیک C- میانگین فازی برآورد نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که حجم آب مورد نیاز سالانه برای پر شدن کل سطح دریاچه، ۱۵۹۲ میلیون مترمکعّب است. حمیدی فر و زنگنه‌اینانلو

حقابه‌ی تالاب‌های بختگان و طشک را برای ترازی که حداقل کارکردهای اکولوژیکی را تامین نماید ۱۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد کردند.

در مطالعه ای دیگر اثرات احداث سد بر رژیم هیدرولوژیک و اکولوژیک رودخانه‌ی کر بررسی شد (Hamidifar et al., 2022). نتایج این تحقیق نشان داد در زمان تخمریزی ماهی غالب رودخانه‌ی کر بین ۱/۹۲ تا ۳۰/۲ درصد کمبود آب زیست محیطی در رودخانه‌ی کر وجود دارد. همچنین احداث سدهای ملاصدرا و درودزن سبب جلوگیری از بروز سیلاب‌های بزرگ در مسیر رودخانه‌ی کر شده است که باعث برهم خوردن توازن مورفو–اکولوژیک رودخانه‌ی کر و از بین رفتن شرایط طبیعی زیستگاه‌ها شده است. بنابراین توصیه شده است که ملاحظات زیست محیطی در خروجی سد مدنظر قرار گیرد.

نتیجه‌ی مطالعه‌ی ثقفیان و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی SPI در سطح حوضه دریاچه بختگان و طشک در مقیاس ۱۲ ماهه در ماه شهریور نشان می‌دهد که شاخص خشکسالی هواشناسی به طور مستقیم تغییرات سطح دریاچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما در سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ جریان ورودی به دریاچه تحت تاثیر گسترش فعالیت انسانی در سطح حوضه به شدت کاهش یافته و در این دوره روند تغییرات سطح دریاچه مطابق با تغییرات شاخص SPI نیست.

در پژوهشی دیگر، با استفاده از تصویرهای ماهواره ایی و به کمک شاخص بهنجار شده آب، تغییرات فصلی مساحت آب تالاب‌های بختگان و طشک در بازه ۴۶ ساله (از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۸) برآورد گردید. سپس ارتباط تغییرات مساحت دریاچه با حجم آب ذخیره شده در مخزن سدهای درودزن، ملاصدرا و سیوند با استفاده از ضریب همبستگی بین متغیرها و آزمون من— کندال آنالیز شد. نتایج نشان داد که که علاوه بر سدسازی، کاهش آبدهی رودخانه کر در نتیجه گسترش زمین‌های کشاورزی در بالادست حوضه همراه با تغییرات اقلیمی مهمترین عوامل موثر در خشک شدن تالاب‌های بختگان و طشک بوده است (مظفری و همکاران، ۱۴۰۰)

طرازکار و همکاران (۱۳۹۵) راهکارهای حفاظت و احیای تالاب بین‌المللی بختگان در استان فارس با استفاده از تحلیل SWOT را گزارش نمودند. بر اساس نتایج به دست آمده، عوامل داخلی درمجموع ۱۶ مورد شامل ۱۰ مورد نقاط ضعف و ۶ مورد نقاط قوت و عوامل بیرونی نیز ۱۰ مورد شامل ۴ فرصت و ۶ تهدید استخراج گردید. همچنین ۱۰ راهکار در چهار دسته شامل راهکارهای تهاجمی (۲ راهکار)، بازنگری (۲ راهکار)، تنوع (۳ راهکار) و تدافعی (۳ راهکار) جهت احیای تالاب بین‌المللی بختگان تدوین و رتبه بندی شدند. از میان راهکارهای تدوین شده، اجرای برنامه آگاه سازی، اطلاع رسانی و آموزشی درباره وضعیت تالاب و نقش جوامع محلی در احیای آن در رتبه اول قرار گرفت.

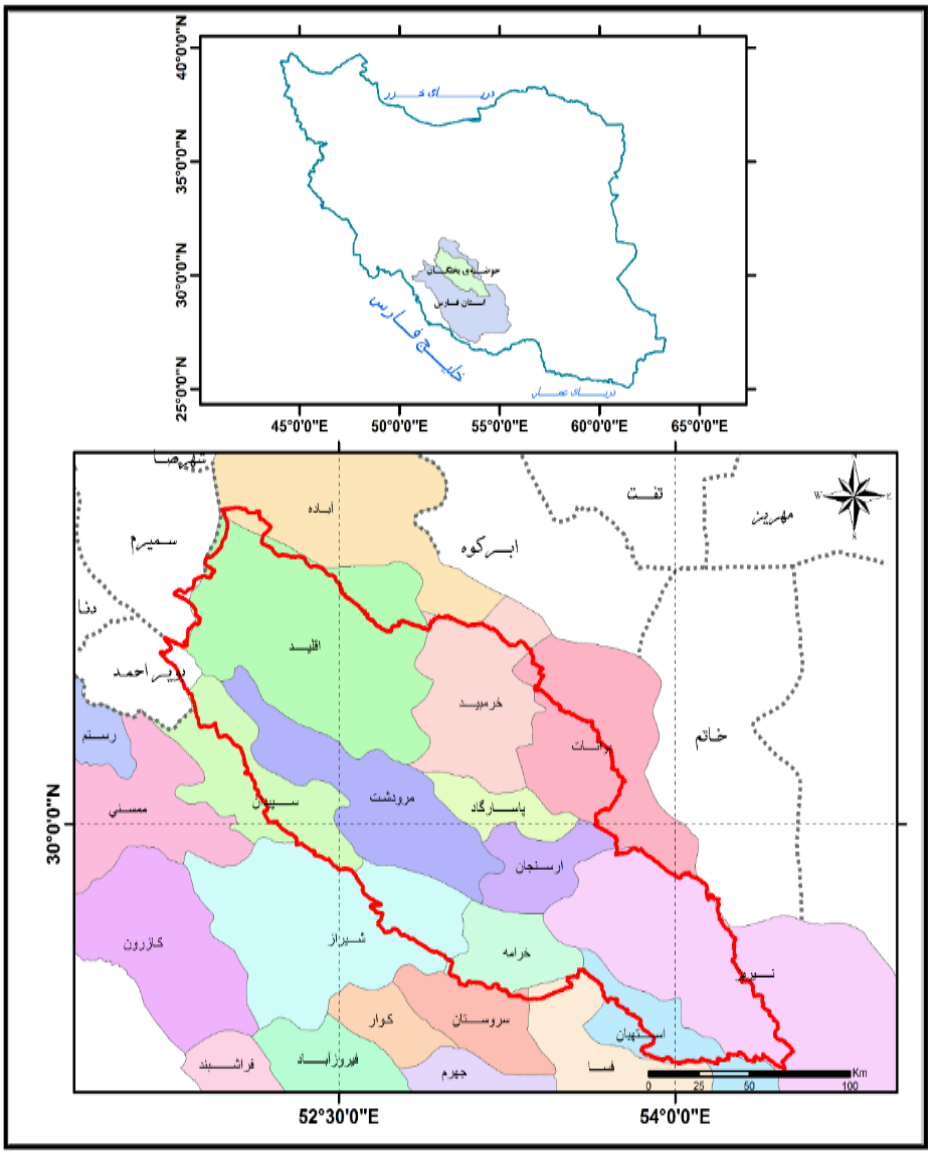
شدت تغییرات در حوضه‌ی آبریز تالاب از نیمه دوم دهه‌ی هشتاد شمسی از جمله احداث و بهره‌برداری از دو سد جدید ملاصدرا و سیوند، توسعه‌ی کشاورزی در بالادست حوضه و در دشت‌های اطراف و همچنین تخصیص حقابه‌های جدید از سدهای در حال بهره‌برداری به شهرستان‌های اطراف (از جمله تخصیص حدود ۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال حقابه‌ی جدید از سد درودزن برای شهر شیراز) شرایطی فراهم نموده است که متاسفانه بجز مقاطع کوتاهی در دو دهه‌ی گذشته این تالاب‌های ارزشمند خشک بوده است. با تداوم روند اقلیمی فعلی و برنامه‌های پیش‌بینی شده برای مدیریت منابع آب حوضه (تکمیل طرح انتقال آب از درودزن به شیراز) چنانچه چاره جویی عاجلی صورت نگیرد بزودی عواقب خشکیدگی بختگان و طشک در استان فارس و استان‌های همجوار پدیدار خواهد شد. لذا در شرایط کنونی با توجه بهدعدم وجود مطالعات جامع در زمینه‌ی اثرات خشکیدگی تالاب بر جوامع اطراف در سطح خرد و کلان و عدم تامین نیاز آب زیست‌محیطی اکوسیستم آبی بختگان علی رغم رسمیت یافتن آن در اسناد قانونی، می‌توان گفت که این عرصه نیازمند انجام پژوهش‌های بیش‌تر و بروزرسانی اطلاعات و نیازهای زیست محیطی می‌باشد. این موضوع با توجه به خشک‌سالی و بحران آب اخیر کشور و اهمیت حفظ یا احیای اکوسیستم‌های آبی در این شرایط ضرورت بیش‌تری پیدا می‌کند. لذا در این تحقیق هدف براین بوده است که با استفاده از داده‌های بلند مدت در دسترس از دهه ۴۰ تا اواخر دهه‌ی نود شمسی و همچنین بررسی تصاویر ماهواره ای در طول زمان و با در نظر گرفتن نیازمندی اکولوژیک گونه‌ی شاخص تالاب– فلامینگو– نسبت به تعیین نیاز آبی تالاب‌های بختگان و طشک اقدام گردد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

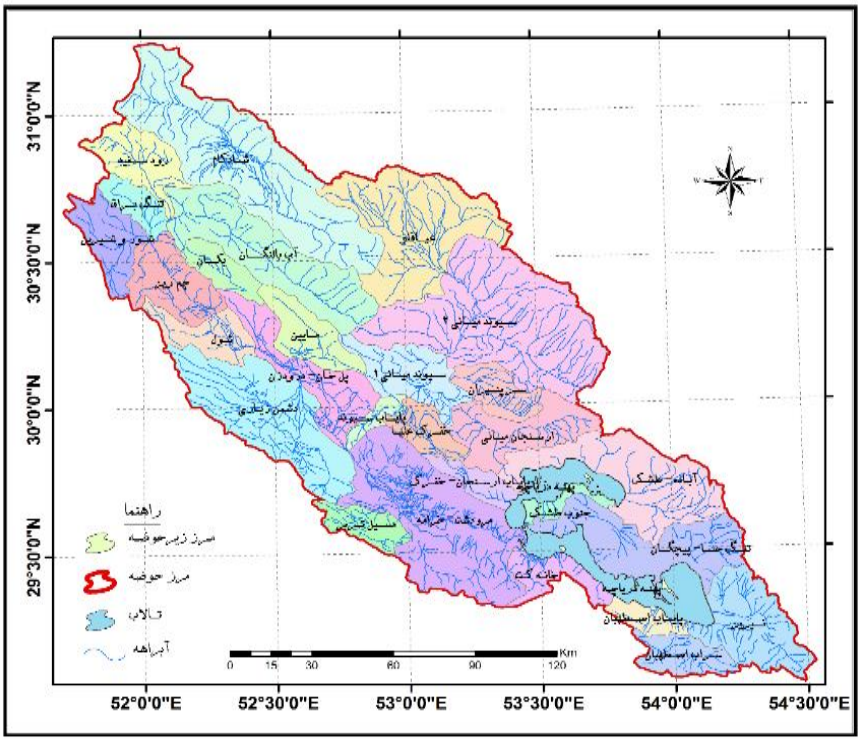
حوضه‌ی آبخیز طشک– بختگان با مساحت ۲۷۲۴۱۸۷ هکتار و محیط ۵۰۶۶/۱۶ کیلومتر، بین طول ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۳۲ دقیقه‌ی شرقی و عرض ۲۹ درجه و ۲ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه‌ی شمالی قرار دارد (شکل ۱). ۹۸/۹ درصد

حوضه در استان فارس و بقیه در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و اصفهان قرار دارد. از نظر تقسیمات اداری- سیاسی، حوضه مزبور شامل ۱۶ شهرستان، ۳۱ بخش و ۶۷ دهستان در استان‌های فارس، اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد است. بخش‌هایی از شهرستان‌های آباده، اقلید، خرم‌بید، بوانات، مرودشت، سپیدان، پاسارگاد، ارسنجان، شیراز، نی‌ریز، خرامه، استهبان، سروستان و فسا در استان فارس و شهرستان سمیرم در استان اصفهان و شهرستان بویراحمد در استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده این حوضه آبخیز قرار دارند. شهرستان مرودشت بیشترین جمعیت مستقر در حوضه را داراست (Vazirzadeh *et al.*, 2021).



شکل ۱. موقعیت حوضه طشک- بختگان در کشور و استان‌های مربوطه

این حوضه از دو زیرحوضه‌ی آبریز کر و سیوند تشکیل شده که دو رودخانه کر و سیوند، شاخه‌های اصلی دو سیستم مذکور را تشکیل می‌دهند. این دو رودخانه پس از پیوستن به یکدیگر در محل پل‌خان، رودخانه کر- سیوند را تشکیل می‌دهند. رودخانه کر- سیوند با عبور از دشت کربال، در محل دوشاخ به دریاچه‌های طشک و بختگان می‌ریزند. مجموع طول آبراهه‌های این حوضه برابر ۱۶۷۶۵/۳۶ کیلومتر بوده که شبکه آن در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲. شبکه آبراهه‌های حوضه طشک- بختگان

مطالعات اقلیمی

بارش و تبخیر سالانه منطقه مورد مطالعه

برای بررسی وضعیت بارش و تبخیر در منطقه، از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و ایستگاه‌های تحت مدیریت وزارت نیرو استفاده شد. ارزیابی همگنی و وجود یا عدم روند داده‌های بارش با استفاده از تخمین‌گر سن و روش ناپارامتریک من-کندال صورت پذیرفت (Amarasinghe et al., 2020).

محاسبه تبخیر از سطح تالاب

در پژوهش حاضر به منظور محاسبه تبخیر ازسطح آزاد آب تالاب از آمار تشتک تبخیر ایستگاه تبخیرسنجی جهان آباد، استفاده شده است. برای محاسبه ضریب تبخیر از ضرایب ماهیانه استفاده شده است (Jensen, 2010; Harbor, 1994).

ارزیابی خشکسالی‌های حوضه بختگان

به‌منظور اطلاع از وضعیت دوره‌های خشکسالی و ترسالی در منطقه از شاخص بارش استاندارد شده (SPI[۱]) استفاده شد (Rawat *et al.*, 2020).

آب‌های سطحی

رودخانه کر

شاخه اصلی این رودخانه به‌نام رودخانه اوجان از کوه‌های شمال حوضه موردمطالعه سرچشمه گرفته و در ادامه مسیر تا تالاب بختگان شاخه های متعددی بدان اضافه می‌شود که از عمده‌ی آنها می‌توان به رود سفید (کال‌شان‌نشین) از خسروشیرین، رودخانه دژکرد، رود شور و شیرین، رودهای شول و تنگ اشاره نمود. سد ملاصدرا که یک سد مخزنی بوده و حجم ذخیره آن ۴۴۰ میلیون متر مکعب می‌باشد بر روی این رودخانه در بالادست حوضه و قبل از پیوستن رود دژکرد در تنگ براق احداث و نیمه دوم دهه‌ی ۸۰ آب‌گیری شده است. سپس سد درودزن که سدی مخزنی بوده و حجم ذخیره آن ۹۹۳ میلیون متر مکعب است در محل درودزن از سال ۵۱ شمسی احداث شده است. در پایین‌دست سد درودزن، رودخانه مائین به رودخانه کر می‌پیوندد و پس از آن در محل پل‌خان با رودخانه سیوند یکی شده و در انتهای دشت مرودشت به تالاب بختگان می‌ریزد.

---

[۱] Standardized Precipitation Index (SPI)

رودخانه شادکام

سرشاخه‌های اصلی این رودخانه مشتمل بر رودخانه‌های باغ‌مورد، شیخ‌احمد و چاوش بوده که ابتدا وارد دشت نمدان و سپس دریاچه‌ی کافتر می‌گردد و در سال‌های پرآبی که ارتفاع آب در اثر طغیان رودخانه در آن بالا می‌آید، سرریز داشته و از طریق رودخانه عیاقلو به رودخانه سیوند هدایت می‌شود.

رودخانه سیوند

رودخانه عیاقلو به عنوان سرشاخه رودخانه سیوند شناخته می‌شود و پس از عبور از دشت‌های قادرآباد و سعادت‌آباد در پل‌خان به رودخانه کر ملحق می‌گردد. سد سیوند بر روی رودخانه‌ی سیوند و با هدف جلوگیری از سیلابی شدن دشت مرودشت احداث و از نیمه دوم دهه‌ی ۸۰ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

در محل پل‌خان رودخانه‌های کر و سیوند بهم پیوسته و تشکیل رودخانه‌ی کر و سیوند را می‌دهند. رودخانه کر–سیوند منبع اصلی تامین کننده آب تالاب‌های طشک و بختگان می‌باشد. بر اساس تحقیقات مختلف سهم رودخانه کر بین ۷۰ تا ۸۰ درصد جریان‌های سطحی ورودی به تالاب می‌باشد و بنابراین هرگونه تغییر در مقدار آبدهی این رودخانه‌ها اثر قابل توجهی بر حیات تالاب‌های یاد شده دارد (Bagheri *et al*., 2016; Torabi *et al*., 2018; Rooyan Co, 2008).

بررسی تغییرات جمعیت و سطح زیر کشت حوضه آبریز تالاب بختگان

به منظور اطلاع از تغییرات جمعیتی حوضه‌ی مورد مطالعه از آمار سرشماری سازمان آمار در سال‌های مختلف استفاده شد. همچنین برای اطلاع از سطح زیرکشت از آمارهای رسمی وزارت کشاورزی سابق و وزارت جهادکشاورزی استفاده شد.

بررسی تغییرات درازمدت آورد رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز بختگان و طشک

برای ارزیابی داده‌های رواناب و آورد سالانه‌ی حوضه آبریز از ایستگاه‌های هیدرومتری مستقر در حوضه استفاده شد که بدلیل حجم بالای داده‌ها و محدودیت صفحات مقاله داده‌های سه ایستگاه منتخب شامل ایستگاه هیدرومتری حسن‌آباد (نزدیک ورودی تالاب‌ها و انتهای حوضه)، پل‌خان (محل تلاقی رودخانه‌های کر و سیوند) و چم ریز (بالادست حوضه) ارایه شده است.

در حوزه آبخیز موردمطالعه، سد درودزن از سال ۱۳۵۰ ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. سدهای ملاصدرا و سیوند نیز در نیمه دوم دهه ۸۰ مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. به‌منظور بررسی اثرات سازه‌های بزرگ آبی ضروری است وضعیت تاریخی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مورد بررسی قرار گیرد و با بازسازی تاریخچه‌ی گذشته محدوده مطالعاتی، وضعیت جریان آب در رودخانه کر و تالاب‌های بختگان و طشک مشخص شود.

همچنین تالاب‌های بختگان و طشک از تالاب‌های سیلابی بوده و آمار درازمدت حاکی از تفاوت فاحش میزان ورودی به تالاب در سال‌های مختلف بوده است.

آب ورودی به دریاچه‌های طشک و بختگان عمدتاً توسط رودخانه کر–سیوند تامین می‌گردیده است. سایر ورودی‌ها به دریاچه شامل چشمه گمبان، زهکش‌ها، رودخانه طشک و آبراهه‌ها و مسیل‌های پیرامون تالاب به لحاظ حجم ورودی به دریاچه از اهمیت و درصد کم‌تری در مقایسه با ورودی رودخانه کر برخوردار هستند.

برای شناخت ورودی رودخانه کر به دریاچه بختگان، موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری واقع بر روی رودخانه کر مورد شناسایی قرار گرفت. نزدیک‌ترین ایستگاه هیدرومتری رودخانه کر به دریاچه بختگان، ایستگاه جهان آباد (با کد ۰۴۱–۴۳) بوده که بررسی‌ها نشان می‌دهد این ایستگاه از سال آبی ۱۳۴۹–۱۳۴۸ تا سال آبی ۱۳۶۳ ـ ۱۳۶۲ دارای آمار آبدهی بوده است. پس از سال ۶۳ این ایستگاه که نزدیک به دوشاخ و ورودی تالاب می‌باشد غیرفعال شده و سال ۷۶ ایستگاه جدیدی در چند کیلومتر بالاتر بعنوان ایستگاه حسن‌آباد احداث می‌گردد. در حال حاضر در سایت آمار وزارت نیرو نیز اطلاعات قبلی ایستگاه جهان آباد در لیست اطلاعات ایستگاه حسن‌آباد ارایه شده است. بنابراین در این تحقیق به منظور محاسبه‌ی ورودی تالاب از رودخانه‌ی کر–سیوند از آمار ایستگاه‌های جهان‌آباد و حسن‌آباد استفاده شد.

پس از ایستگاه حسن‌آباد، نزدیک‌ترین ایستگاه دیگر که دبی رودخانه کر–سیوند را محاسبه می‌نماید ایستگاه پل‌خان می‌باشد. بین ایستگاه پل‌خان و ایستگاه حسن‌آباد، دشت کربال وجود دارد که حجمی از آورد رودخانه کر در ایستگاه پل‌خان قبل از ورود به تالاب، مورد مصرف کشاورزی در دشت کربال قرار می‌گیرد. اختلاف آورد ایستگاه پل‌خان و حسن‌آباد را می‌توان بعنوان مصرف دشت کربال منظور نمود

(Rooyan Co, 2008).

برآورد نیاز آبی اکولوژیک تالاب بختگان و طشک

تغییرات سطح و حجم تالاب در درازمدت

در این بخش ابتدا، وسعت پهنه‌های آبی تالاب‌های مطالعاتی با استفاده از محصولات سطح جهانی آب برای ۳۶۰ ماه مربوط به بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ از طریق سامانه گوگل ارث انجین دانلود شد. این محصولات با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ۵، ۷ و ۸ لندست تولید شده اند که از سال ۱۹۸۴ تاکنون قابل دسترس می‌باشند. پس از دانلود چارت زمانی تغییرات ماهانه سطح آبدار تالاب از طریق برنامه نویسی در پلت فرم گوگل ارث انجین ، متوسط تغییرات سطح آبدار هر تالاب در مقیاس‌های فصلی و سالانه نیز محاسبه شد (Ebrahimi-Khusfi *et al*., 2022).

انتخاب شاخص اکولوژیک

دیدگاه اکولوژیکی شامل تعیین رژیم آبی مورد نیاز بیوتای موجود یا ارجح و حفاظت از آن رژیم می‌باشد. در این زمینه محققین مختلف از بین گونه‌های گیاهی و جانوری موجود در منطقه مورد مطالعه گونه (های) ارجح را شناسایی نموده و برای تعیین حداقل‌های هیدرولوژیک تالاب‌ها استفاده نمودند (Jin *et al*., 2011).

در این تحقیق تلاش گردید که یک شاخص اکولوژیک که حساس به تغییرات سطح آب تالاب باشد و از سوی دیگر داده‌های کمی آن در اختیار باشد، مورد آنالیز و تحلیل قرار گیرد. لذا با مشورت و توصیه اداره کل حفاظت محیط زیست فارس و با بررسی آمار موجود از پرندگان تالاب بختگان به دلایل زیر فلامینگو به‌عنوان شاخص اکولوژیک انتخاب گردید:

– فلامینگو به‌عنوان شاخص جامع می‌باشد و تغییرات سایر شاخص‌ها از جمله تغییرات هیدرولوژیک تالاب و همچنین جمعیت آرتمیا بعنوان زئوپلانگتون‌ها اصلی تالاب را پوشش می‌دهد؛

– جزو مهم‌ترین، فراوان ترین و بزرگترین پرندگان تالاب‌ها می‌باشد؛

– در لیست گونه‌های حفاظت شده ثبت شده است؛

– دارای جمعیت جوجه آور در تالاب می باشد

– در سالیان گذشته تغییرات جمعیت آن و همچنین مسائل مرتبط با جمعیت و جوجه آوری آن که متاثر از تغییرات آب تالاب می باشد مورد توجه عموم قرار گرفته است و می تواند بعنوان گونه‌ی پرچم سبب جلب حمایت‌های مادی و معنوی برای حفاظت تالاب شود.

– ارتباط معنی‌داری بین تغییرات جمعیت فلامینگوها و مساحت تالاب‌های طشک و بختگان وجود دارد.

لذا با توجه به در اختیار داشتن آمار فلامینگو و همچنین تغییرات سطح تالاب بر اساس تصاویر ماهواره ای، همبستگی تغییرات جمعیتی فلامینگو همراستا با تغییرات مساحت تالاب‌های بختگان و طشک مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت تا بتوان برای سه سناریوی خشک، نرمال و تر میزان مساحت مناسب تالاب و همچنین میزان حقابه از رودخانه‌های کر–سیوند را محاسبه نمود.

نتایج

هواشناسی

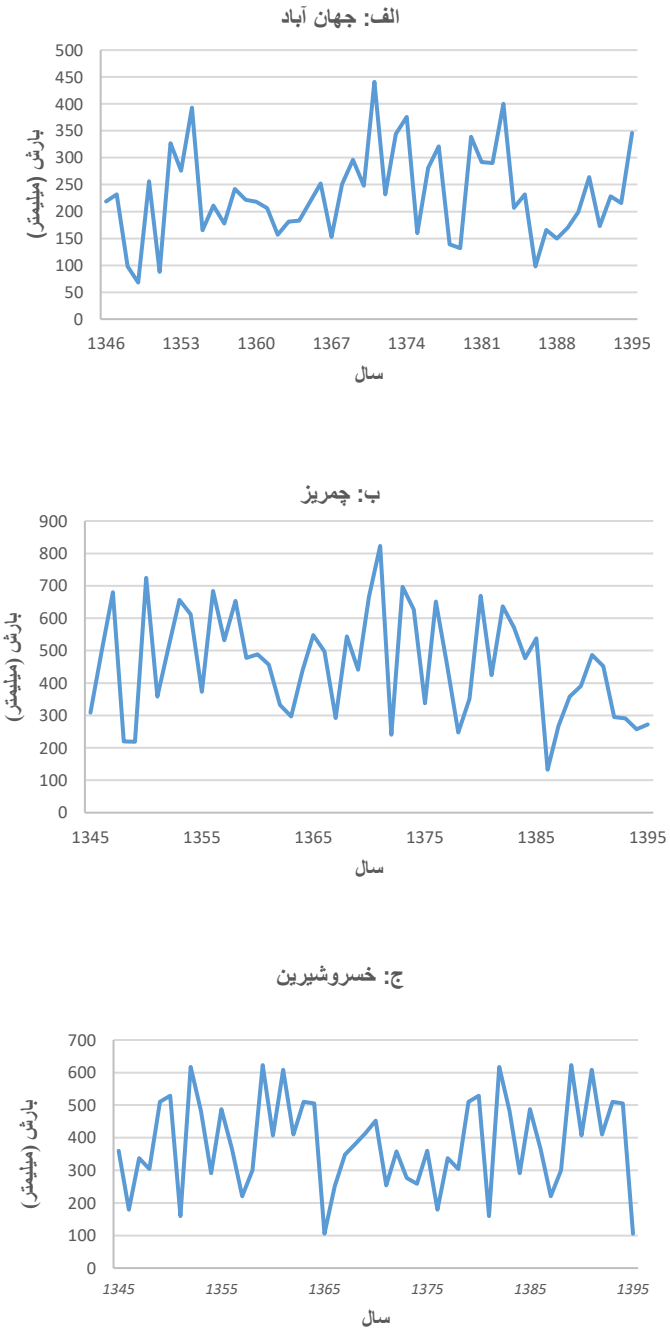
در منطقه مورد مطالعه ایستگاه‌های باران سنجی متعددی وجود دارد. بنابراین اقدام به جمع‌آوری اطلاعات مکانی ایستگاه‌های مذکور گردید. با توجه به پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه، در این مقاله بدلیل محدودیت حجم، تنها اطلاعات مربوط به سه ایستگاه جهان‌آباد بختگان (بعنوان ایستگاه معرف محدوده‌ی تالاب‌ها)، چم ریز (ایستگاه میانی) و خسروشیرین (معرف مناطق مرتفع و سرچشمه‌ی آبهای سطحی) ارایه می‌گردد تا دیدی نسبی نسبت به وضعیت بارش در نقاط مختلف حوضه بدست آید.

نتایج بارش در ایستگاه‌های منتخب در جدول ۱ ارایه شده است. حوضه‌ی طشک و بختگان بدلیل وسعت زیاد دارای اقلیم‌های متفاوت بوده و بارش در این حوضه نیز بسیار متنوع می‌باشد. همانطور که از جدول ۱ مستفاد می‌شود ایستگاه جهان‌آباد با میانگین ۲۳۱ میلیمتر در سال دارای بارندگی منطبق با مناطق بیابانی و نیمه بیابانی بوده و ایستگاه چم ریز داری متوسط بارندگی حدود ۴۶۰ میلیمتر در سال می‌باشد. همچنین روند بارش ایستگاه‌های منتخب در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج بررسی آماری روند بارش سالانه نشان داد که بارش ایستگاه‌های جهان آباد افزایشی غیرمعنادار اما روند بارشی ایستگاه‌های چم ریز و خسروشیرین به ترتیب کاهشی معنادار و کاهشی

غیرمعنادار بود (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین بارش سالانه در ایستگاه‌های منتخب حوضه‌ی مورد مطالعه

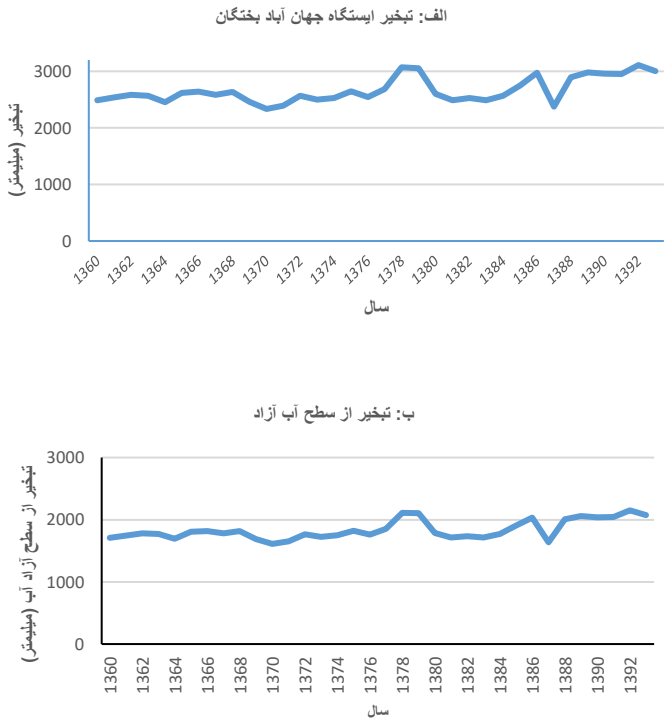
ایستگاه	میانگین	حداقل	حداکثر	دورهی آماری	مقدار Z روش من کندال	سطح معنی‌داری
جهان‌آباد	۲۳۱/۱	۶۸	۴۴۱	۴۶ تاکنون	./۹۴	غیر معنی‌دار
چم‌ریز	۴۵۹/۹	۱۳۲/۵	۸۲۳	۴۶ تاکنون	-۲/۱۹	معنی‌دار
خسروشیرین	۳۸۴/۹	۱۰۵/۵	۶۲۳	۶۷ تاکنون	-۰/۹۳	غیر معنی‌دار



شکل ۳: میزان بارش در ایستگاه‌های منتخب حوضه بختگان- طشک

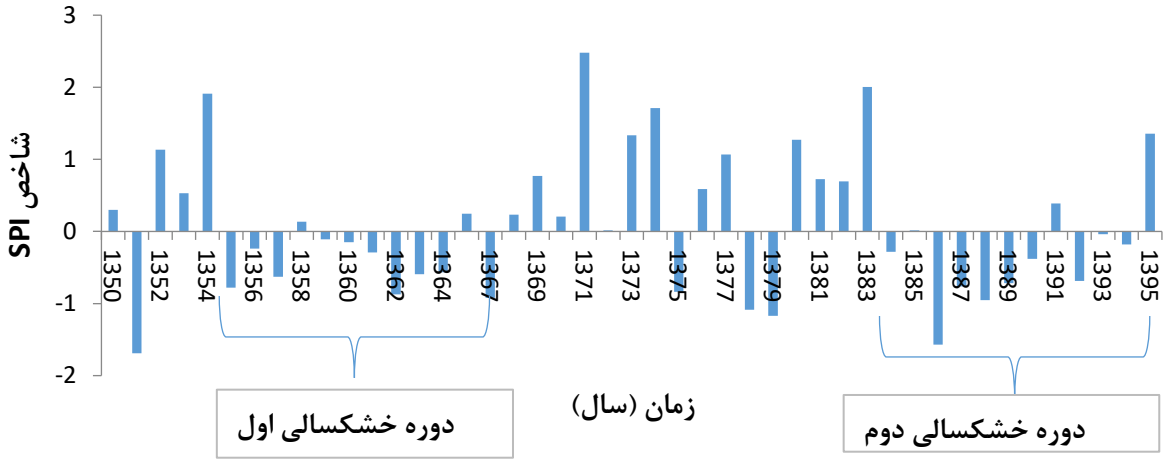
همچنین میزان تبخیر در ایستگاه جهان آباد و تبخیر از سطح آزاد تالاب‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. متوسط تبخیر در

ایستگاه جهان آباد بعنوان ایستگاه معرف تالاب‌ها سالانه ۲۶۶۳ میلی‌متر می‌باشد. میزان تبخیر از سطح تالاب (آب) در درازمدت به طور متوسط سالانه ۱۸۳۶/۹ میلیمتر بدست آمد. در نهایت ارزیابی وجود روند در داده‌های تبخیر با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال دلالت بر وجود روند افزایشی و غیرمعنی‌دار (مقدار آماره Z برابر ۰/۸۳) در داده‌های تبخیر منطقه داشت. اما ارزیابی روند داده‌های تبخیر از سطح تالاب بیانگر روند افزایشی معنادار (مقدار آماره Z برابر ۱/۷۸) بود.



شکل ٤: میزان تبخیر در ایستگاه جهان‌آباد و از سطح آزاد آب (تالاب)

نتایج ارائه شده در شکل ۵ دلالت بر وجود خشکسالی طی دوره مورد بررسی در منطقه به‌طور متناوب دارد. دو دوره خشکسالی طولانی‌مدت در منطقه مشاهده می‌شود که یک دوره آن طی سال‌های ۱۳۵۵ الی ۱۳۶۵ و دوره دوم از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۵ می‌باشد.



شکل ۵. روند دوره‌های خشکسالی در حوضه بختگان-طشک

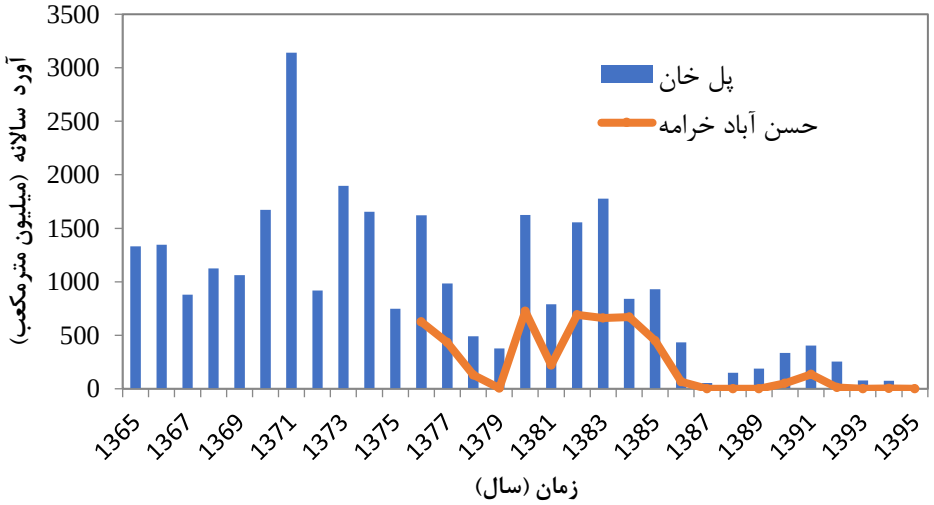
هیدرومتری

دبی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب حوضه در درازمدت و در طی ماه‌های مختلف در جدول ۲ ارایه شده است. آزمون روند داده‌های دبی در هر سه ایستگاه انجام شد که حاکی از روند کاهشی و معنی‌دار دبی در هر سه ایستگاه حسن‌آباد، پل‌خان، و چم‌ریز دارد.

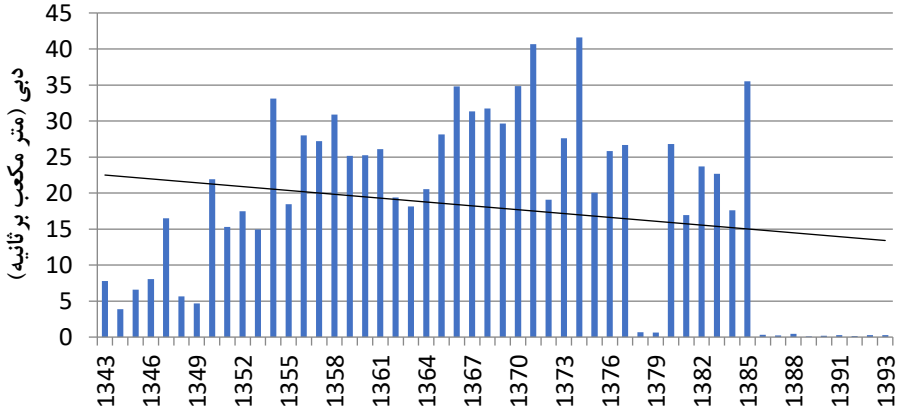
جدول ۲. مقادیر متوسط دبی بلند مدت ماهانه در سه ایستگاه هیدرومتری منتخب در حوضه بختگان-طشک

ایستگاه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	میانگین سالانه
حسن‌آباد	۱/۲۵	۱/۴۱	۱/۸۵	۳/۴۲	۵/۶۰	۲۱/۳۸	۱۹/۱۴	۲۱/۰۹	۱۵/۳۲	۵/۴۸	۱/۱۱	۱/۲۴	۸/۱۹
پل‌خان	۱۷/۹۵	۱۸/۰۹	۱۸/۴۵	۲۲/۵۱	۳۷/۶۶	۶۴/۱۵	۵۳/۹۸	۳۶/۱۳	۲۲/۸۴	۱۸/۲۹	۱۱/۱۵	۱۳/۵۸	۲۷/۹۳
چم‌ریز	۹/۰۰	۹/۸۹	۱۱/۳۳	۱۳/۷۰	۲۶/۱۶	۵۰/۶۷	۵۳/۷۲	۴۱/۸۱	۳۱/۸۱	۲۴/۷۵	۱۱/۴۵	۹/۱۱	۲۵/۷۲

داده‌های آورد رودخانه کر در ایستگاه‌های پل‌خان و حسن‌آباد خرامه طی دوره آماری در شکل ۶ ارایه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، حجم متوسط سالانه از سال ۱۳۸۶ کاهش معنی‌داری داشته است و این تغییرات در سال‌های اخیر کاهش شدیدتری را نشان می‌دهد. هم‌چنین کاهش آورد رودخانه کر به‌ویژه در ایستگاه پایین‌دست (حسن‌آباد خرامه) با شدت بیش‌تری مشاهده شده به‌گونه‌ای که در ۱۵ سال اخیر به صفر رسیده است. همچنین دبی شهریورماه ایستگاه پل‌خان در شکل ۷ ارایه می‌شود که حاکی از روند کاهشی شدید است به گونه‌ای که در سال‌های اخیر به صفر میل نموده است.

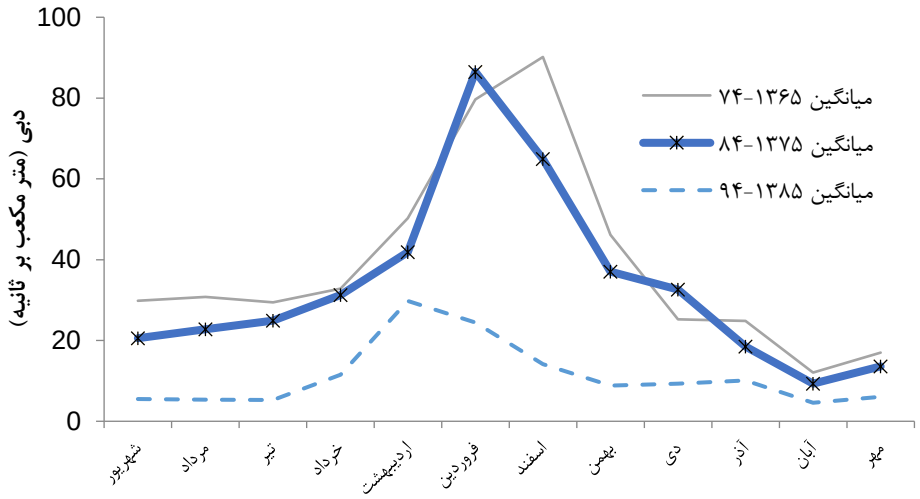


شکل ٦. آورد متوسط سالانه ایستگاه پل‌خان و حسن‌آباد خرامه



شکل۷. دبی شهریورماه در ایستگاه پل‌خان

همچنین در شکل ۸ میانگین دبی در ایستگاه پل‌خان طی ۳ دوره ۱۰ ساله ارائه شده است. نتایج بیان‌گر کاهش معنادار دبی طی دهه‌های اخیر می‌باشد.



شکل۸. مقایسه دبی ایستگاه پل‌خان طی ۳ دوره ۱۰ ساله

تغییرات جمعیت در حوضه‌ی مورد مطالعه

براساس اطلاعات ارائه شده مرکز آمار ایران در سال ۱۳۳۵ جمعیت ساکن در این محدوده (بدون در نظر گرفت جمعیت شهر شیراز) معادل ۲۱۵۱۷۶ نفر بود. از این تعداد ۷۲/۵ درصد آن ساکن در مناطق روستایی و ۳۷/۵ درصد ساکن مناطق شهری بود. در آماربرداری سال ۱۳۴۵ جمعیت رشد ۱/۵۲ برابری را داشت و به ۲۶۸۹۶۸ نفر رسید، که از این تعداد ۶۹/۹ درصد در مناطق روستایی و ۳۰/۱ درصد سهم مناطق شهری بود. طبق سرشماری انجام شده در سال ۱۳۹۵جمعیت حوضه بختگان و طشک به بیش از ۸۳۵۵۳۲ نفر افزایش یافته است. مقایسه جمعیت فعلی با جمعیت۶۰ سال گذشته نشان از افزایش ۴/۷۴ برابری جمعیت در این حوضه آبخیز می‌باشد.

بررسی تغییرات سطح زیر کشت حوضه بختگان و بهره‌برداری از منابع آب

براساس آمار وزارت جهادکشاورزی، در سال ۱۳۳۵ سطح زیرکشت حوضه آبخیز حدود ۱۵۹۳۰۵ هکتار بوده است که در سال ۹۵ به ۴۰۵۳۴۵ هکتار افزایش یافته است. افزایش ۲/۵ برابری سطح زیر کشت منجر به افزایش مصرف آب از ۱۵۹۰ میلیون مترمکعب به ۵۰۷۶ میلیون مترمکعب (۳/۱۹ برابری نسبت به سال مبدا) شده است. همچنین میزان آب مصرفی متوسط برای هر هکتار از ۹۹۸۲ مترمکعب در هکتار به ۱۳۰۵۱ مترمکعب افزایش یافته که نسبت به سال مبدا ۱/۲ برابر افزایش نشان می‌دهد.

تغییرات آورد رودخانه‌های اصلی حوضه‌ی بختگان-طشک پس از احداث سدهای جدید

آمار درازمدت دبی سالانه‌ی ایستگاه‌های جهان‌آباد و حسن‌آباد در جدول ۳ ارایه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد روند ورود آب به تالاب در دو دهه‌ی اخیر و پس از بهره‌برداری از سدهای سیوند و ملاصدرا شدیدا نزولی بوده و از نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۸۰ در اغلب سال‌ها ورودی سالانه به تالاب در حد صفر بوده است. برای درک علت اصلی این کاهش می‌بایست به رژیم تاریخی ورود آب به تالاب بر اساس ایستگاه‌های جهان‌آباد و پل‌خان توجه نمود. همچنین برای محاسبه‌ی دقیق تر رژیم تاریخی می‌بایست داده‌های قبل از بهره‌برداری از سدهای ملاصدرا و سیوند مورد توجه قرار گیرد. چون همانگونه از شکل‌های۶ و ۷ و جدول ۳ مستفاد می‌گردد پس از بهره‌برداری از سدهای مذکور، ورودی آب به ایستگاه مجاور تالاب (حسن‌آباد) به سمت صفر میل می‌کند. نکته قابل توجه آن است که متوسط آورد سالانه ایستگاه حسن‌آباد تا سال ۸۶، ۴۲۸ م م م می‌باشد ولیکن متوسط آورد سالانه آن بعد از سال ۸۶ حدود ۲۹ م م م می‌باشد.

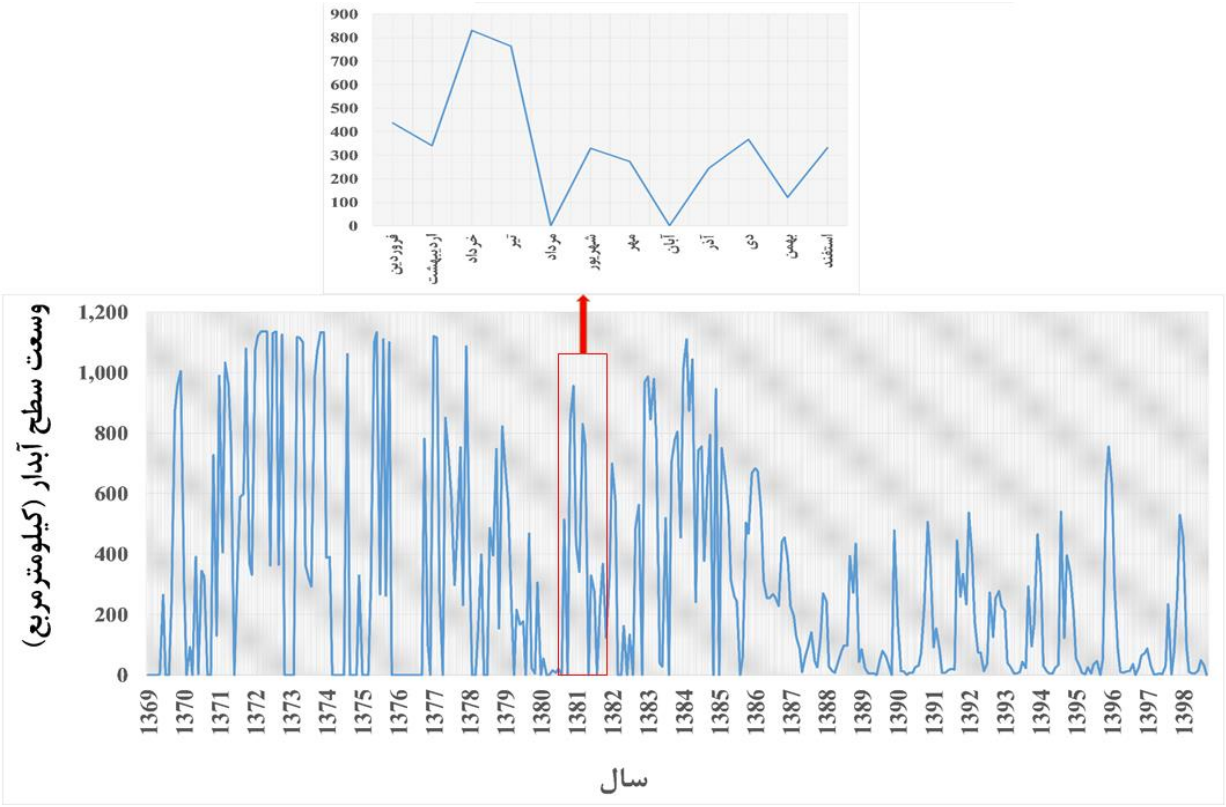
جدول ۳. متوسط آورد درازمدت ایستگاه‌های جهان‌آباد و حسن‌آباد بعنوان ایستگاه‌های مبدا برای محاسبه‌ی ورود آب به تالاب‌های بختگان و طشک از کر-سیوند

	سال آبی (شروع)	آورد سالانه (م م م)
ایستگاه جهان‌آباد	۱۳۴۸	۲۸۲/۶
	۱۳۴۹	۵۹/۷
	۱۳۵۰	۳۴۵/۸
	۱۳۵۱	۴۵۸/۹
	۱۳۵۲	۳۶۹/۵
	۱۳۵۳	۶۳۲/۰
	۱۳۵۴	۱۱۴۹/۳
	۱۳۵۵	۵۹۸/۴
	۱۳۵۶	۱۵۲۰/۹
	۱۳۵۷	۹۳۰/۰
	۱۳۵۸	۱۱۳۵/۹
	۱۳۵۹	۷۹۹/۲
	۱۳۶۰	۵۲۱/۸
	۱۳۶۱	۴۲۷/۶
	۱۳۶۲	۸۸/۶
	متوسط آورد سالانه	۶۲۱/۴۱
	سال آبی (شروع)	آورد سالانه (م م م)
ایستگاه حسن‌آباد	۱۳۷۷	۶۲۷/۶
	۱۳۷۸	۴۴۲/۸
	۱۳۷۹	۱۳۱/۸
	۱۳۸۰	۵/۲
	۱۳۸۱	۳۷۱/۰
	۱۳۸۲	۲۲۲/۷
	۱۳۸۳	۶۹۴/۶
	۱۳۸۴	۶۷۰/۲
	۱۳۸۵	۶۷۲/۲
	۱۳۸۶	۴۴۷/۰
	۱۳۸۷	۶۷/۳
	۱۳۸۸	۰
	۱۳۸۹	۰
	۱۳۹۰	۰
	۱۳۹۱	۴۸/۵
	۱۳۹۲	۱۳۲/۱
	۱۳۹۳	۱۲/۷
	۱۳۹۴	۰/۵
	۱۳۹۵	۱/۸
	متوسط آورد سالانه تا سال ۸۶	۴۲۸/۴۴
	متوسط آورد سالانه بعد از سال ۸۶ تاکنون	۲۹/۲۱

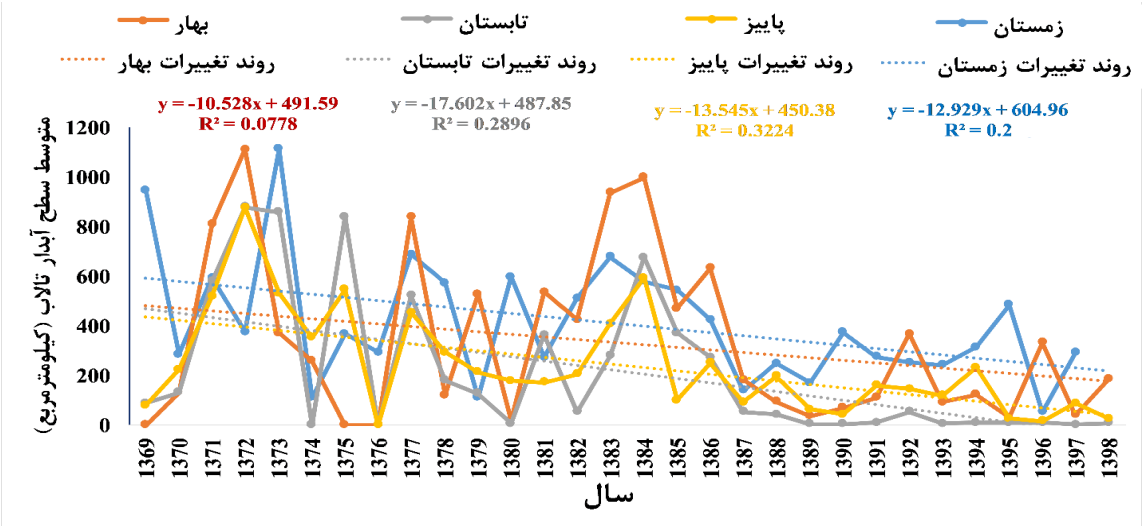
توضیح اینکه بین سال‌های ۶۲ و ۷۶ داده‌ی برای این ایستگاه‌ها بدلیل تعطیلی ایستگاه جهان‌آباد و جایگزینی آن در سال‌های آتی با ایستگاه حسن‌آباد موجود نیست. از طرف دیگر آبدهی متوسط ایستگاه پل‌خان تا ابتدای دهه نود ۱۱۰۰ میلیون متر مکعب بوده است اما بدلیل کاهش آبدهی آن از ابتدای دهه نود، آبدهی متوسط درازمدت آن به ۹۷۰ م م م (از زمان تاسیس ایستگاه تا زمان مطالعه ی حاضر) کاهش یافته است.

نیاز آبی اکولوژیک

برای محاسبه نیاز آبی اکولوژیک ابتدا لازم است که تغییرات مساحت تالاب‌های مورد مطالعه در درازمدت بررسی شود. شکل ۹ تغییرات ماهانه سطح تالاب‌های بختگان- طشک را براساس تصاویر ماهواره‌ای از سال ۶۹ تا ۹۸ نشان می‌دهد. همچنین تغییرات فصلی متوسط سطح آبدار تالاب طشک-بختگان در بازه زمانی مذکور در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



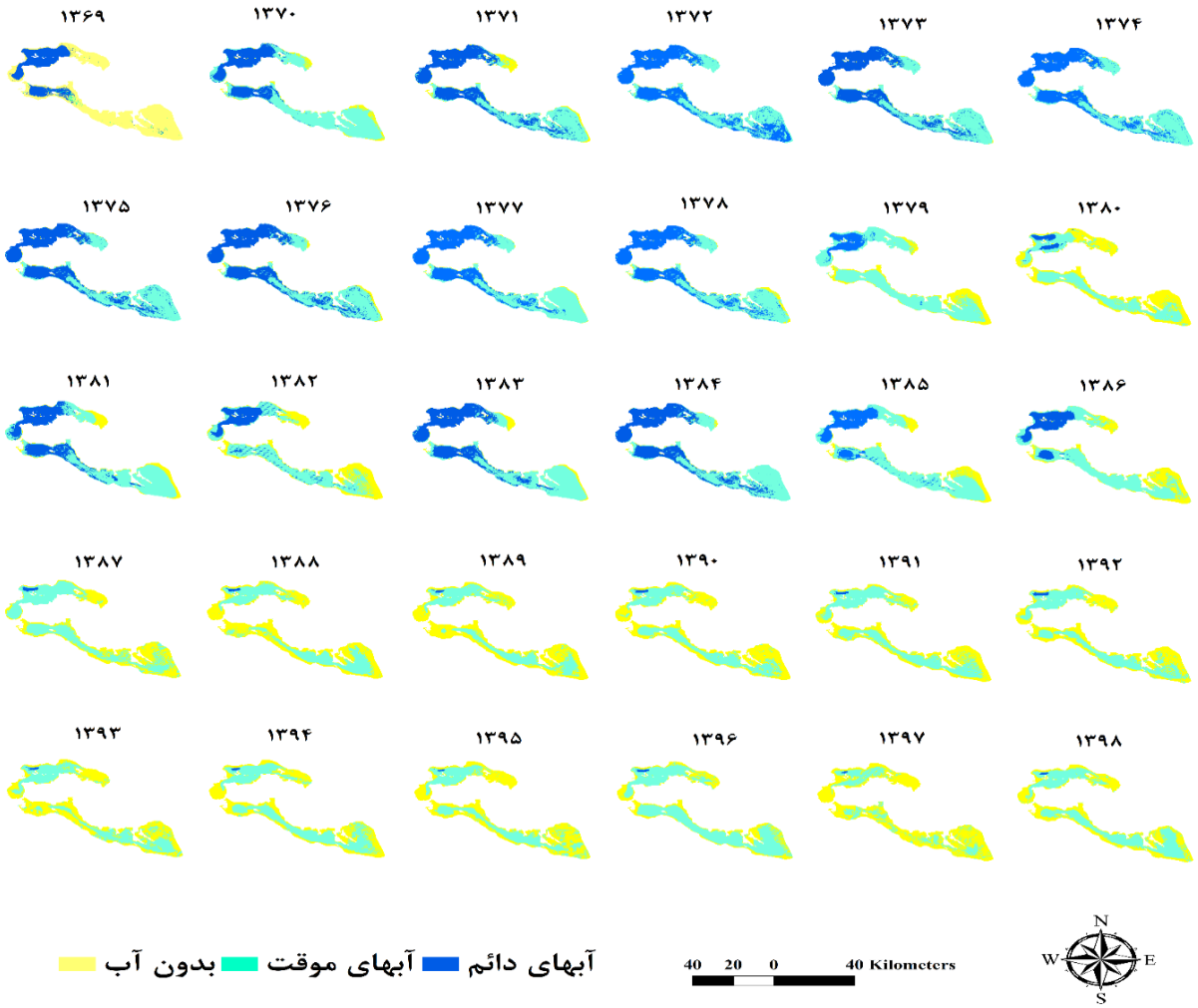
شکل ۹. تغییرات ماهانه سطح آبدار تالاب بختگان- طشک در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸.



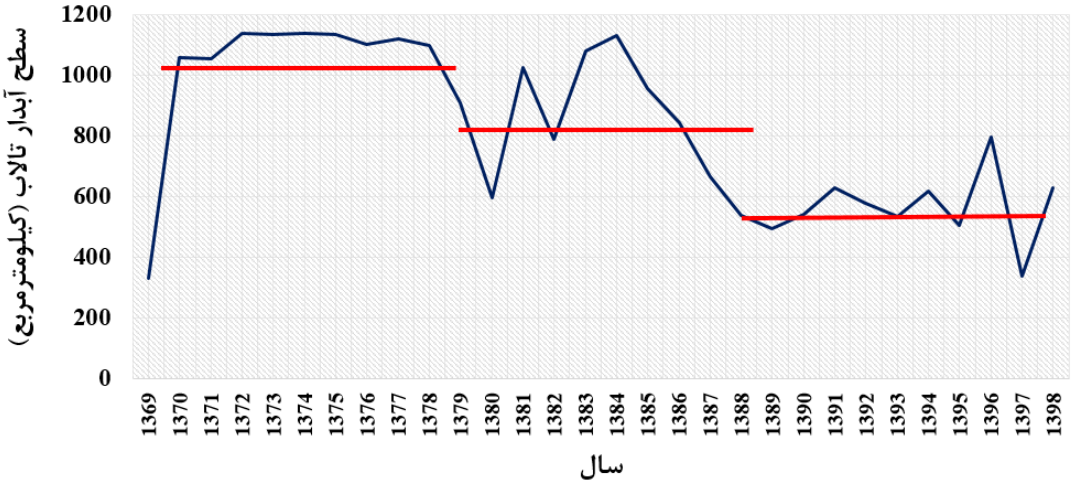
شکل ۱۰. تغییرات فصلی متوسط سطح آبدار تالاب بختگان- طشک در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸.

تغییرات سالانه و فصلی متوسط سطح آبدار تالاب بختگان- طشک بیانگر شیب کاهشی سطح آبدار این تالاب بین‌المللی در فاصله زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. شیب تغییرات در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۱۰/۵-، ۱۷/۶-، ۱۳/۵- و ۱۲/۹- کیلومتر مربع در هر سال از بازه زمانی مورد بررسی بوده است.

برای درک بهتر تغییرات مکانی سطح بدون آب و آبدار تالاب‌های مطالعاتی، این تغییرات در مقیاس سالانه بصورت نقشه در شکل‌های ۱۱ نشان داده شده‌اند. همچنین روند تغییرات سالانه تالاب‌های بختگان- طشک، بر اساس دو کلاس کلی بدون آب و آبدار (موقت و دائم) در شکل ۱۲ نشان داده شده است. شایان ذکر است که به دلیل تعداد زیاد و حجم بالای تصاویر در مقیاس‌های ماهانه و فصلی، تغییرات بستر فیزیکی تالاب‌ها در این مقیاس‌های زمانی بصورت نقشه نشان داده نشده‌اند.



شکل ۱۱. تغییرات مکانی سطوح آبدار و بدون آب در تالاب بختگان- طشک از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸.



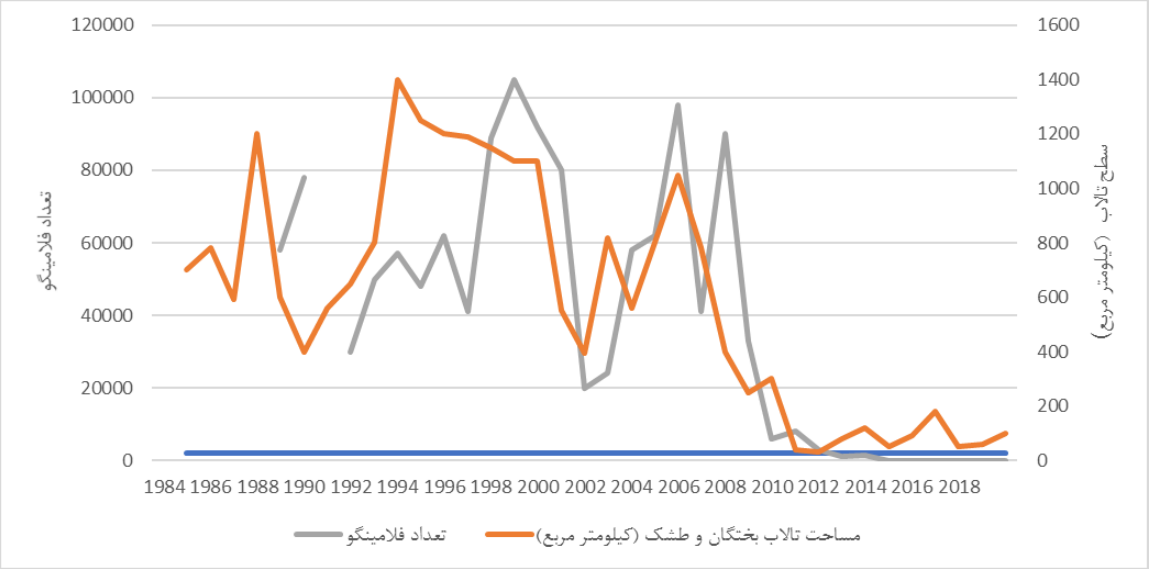
شکل ۱۲. تغییرات سالانه سطح آبدار تالاب بختگان- طشک از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸.

پایش تغییرات مکانی سطح آبدار تالاب بختگان- طشک نشان می‌دهد که سطح آب‌های دائمی از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ به شدت کاهش یافته است. همانگونه که در شکل (۱۱) نشان داده شده، سطح آبدار (مجموع سطح آبهای دائم و موقت) در بازه‌ی زمانی مطالعاتی (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸) روند کاهشی، به ویژه در سال‌های اخیر داشته است. متوسط سطح آبدار این تالاب در دهه‌ی ۷۹-۱۳۶۹، ۸۹-۱۳۸۰ و ۹۸-۱۳۹۰ به ترتیب ۱۰۲۰/۱۷، ۸۱۱/۵ و ۵۷۴ کیلومترمربع بوده است. به عبارت دیگر، متوسط سطح آبدار تالاب در دهه آخر نسبت به دهه اول حدود ۴۴۶ کیلومترمربع کاهش یافته است.

رابطه بین سطح تالاب و جمعیت فلامینگوها

اگر فراوانی تعداد فلامینگوهای سرشماری شده در سال‌های مختلف با استفاده از توزیع نرمال رسم گردد، داده‌های ۲۱ ساله ۱۹۸۸ الی ۲۰۰۸ که آمار سرشماری فلامینگوها در دسترس می‌باشد را می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد (شکل ۱۳) (با توجه به کاهش شدید تعداد فلامینگوها پس از سال ۲۰۰۸، داده های آن سال به بعد به‌دلیل عدم پیروی از شرایط نرمال لحاظ نشده است). ۲۵ درصد داده‌ها چارک اول را تشکیل می‌دهند (۲۰ هزار الی ۴۱ هزار فلامینگو)، ۵۰ درصد داده‌ها حد میانه یا چارک دوم و سوم (۴۸هزار الی ۷۸هزار فلامینگو) و ۲۵ درصد داده‌ها حد بالا یا چارک چهارم (۸۰ هزار الی ۱۰۵هزار قطعه فلامینگو) را تشکیل می‌دهد.

با توجه به این‌که تالاب‌های بختگان و طشک تالاب‌های سیلابی می‌باشند در نظر گرفتن سطح میانگین سال‌های کمینه، میانه و حداکثر می‌تواند گمراه کننده باشد. لذا بهتر است به‌جای میانگین مساحت از بیش‌ترین تکرار مساحت تالاب‌ها یا همان مد داده‌ها بهره گرفت که معیار درست‌تری است. لذا با بررسی فراوانی فلامینگوها و ارتباط آن با مساحت تالاب نتایج زیر حاصل می‌شود:



شکل ۱۳. تغییرات فراوانی فلامینگو در ارتباط با تغییرات سطح تالاب‌های بختگان و طشک در سال‌های مختلف

در طی ۶ سالی که ۲۵ درصد چارک اول تعداد فلامینگوها در تالاب‌های بختگان و طشک سرشماری شده است (سال‌های ۱۹۹۱،۱۹۹۶، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸)، بیش‌ترین تکرار مساحت تالاب‌ها (یا همان مد مساحت تالاب) بیش از ۶۵۰ کیلومتر مربع و میانگین± انحراف معیار آن (۶۸۰±۳۰۴) کیلومتر مربع بوده است.

در طی ۹ سالی که ۵۰ درصد حد میانه تعداد فلامینگوها سرشماری شده است (سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۸۹، ۱۹۹۵،۱۹۹۴،۱۹۹۳،۱۹۹۲، ۲۰۰۳، و ۲۰۰۴) بیش‌ترین تکرار (مد آماری) مساحت تالاب‌های طشک و بختگان بیش از ۸۰۰ کیلومتر مربع و میانگین± انحراف معیار آن (۸۷۶±۳۴۱) کیلومتر مربع بوده است.

و نهایتاً در طی ۶ سالی که چارک چهارم فلامینگوها در تالاب‌های بختگان و طشک گزارش شده (سال‌های ۱۹۹۷، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷)، بیش‌ترین تکرار (مد آماری) مساحت تالاب‌های طشک و بختگان بیش از ۱۰۵۰ کیلومتر مربع و میانگین± انحراف معیار آن (۱۱۰۰±۲۸۰) کیلومتر مربع بوده است.

بنابراین برای پایدار بودن کارکردهای اکولوژیک تالاب‌های بختگان و طشک در شرایط حداقل، بهینه و حداکثر می‌بایست سطح آب

تالاب‌های یاد شده به ترتیب ۶۵۰، ۸۰۰ و ۱۰۵۰ کیلومتر مربع باشد. گزارش‌های مختلف عمق متوسط ۱/۲ متر را برای تالاب‌های بختگان و طشک ذکر نموده‌اند (Sajadpour et al., 2017; Torabi et al., 2018; Vazirzadeh, 2021) که با استفاده از آن می‌توان این سطح را به حجم تبدیل نمود. از طرفی براساس گزارش اطلس منابع آب ایران و همچنین بررسی تصاویر ماهواره ای، در طول رژیم تاریخی غالبا همه‌ی آب تالاب تا ابتدای فصل پاییز (سال آبی جدید) بدلیل عمق کم و شدت تبخیر زیاد در منطقه (تبخیر متوسط از سطح تالاب ۱۸۳۶ میلی‌متر می‌باشد) خشک می‌شود. از طرف دیگر حدود ۷۰ درصد منابع آب تالاب‌های طشک و بختگان از رود کر–سیوند تامین شده و مابقی آن شامل زهکش‌های کربال خرامه حدود ۷۰ میلیون مترمکعب (حجم زهکش‌ها حدود ۲۷۰ م م م می‌باشد که با کسر مقدار برداشتی برای کشاورزی و همچنین ورود آبهای زیرزمینی که در سال‌هایی که آمار بوده است به عدد حدود ۷۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید)، چشمه گمبان ۴۲ م م م، روخانه آباده طشک ۱۴ م م م و چشمه سرخون ۵ م م م در سال می‌باشد (Rooyan, 2008). لذا برای تامین حجم ۵۴۶،۶۷۲ و ۸۸۲ م م م تالاب‌ها در سال‌های خشک، نرمال و تر (حاصل ضرب سطح در عمق متوسط تالاب) می‌بایست حقابه‌ی تالاب به میزان ۵۴۶، ۶۷۲ و ۸۸۲ میلیون مترمکعب در محل ایستگاه حسن‌آباد تامین شود. از آنجا که بخشی از آب ورودی بین پل‌خان و حسن‌آباد به منظور کشاورزی در دشت کربال برداشت می‌گردد، میزان حقابه‌ی مورد نیاز در ایستگاه پل‌خان (بسته میزان برداشت بین ایستگاه‌های پل‌خان و حسن‌آباد) به ترتیب حدود ۷۰۰ میلیون متر مکعب، ۸۲۶ میلیون متر مکعب و ۱۰۳۷ میلیون مترمکعب برای سال‌های خشک، نرمال و تر محاسبه گردید.

بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر تا قبل از ۱۳۸۷ نوسانات سطح آب در تالاب بختگان همواره وجود داشته است؛ با این حال هیچ‌گاه تالاب مذکور دچار خشکی کامل و متوالی نشده است. در حالی‌که طی سال‌های بعد از ۱۳۸۷ تالاب تقریباً رو به خشکی گرائیده است. نتایج تحقیقات ترابی و همکاران با بررسی تصاویر ماهواره‌ای تغییرات سطح تالاب بختگان نیز حاکی از کاهش چشمگیر پهنه‌ی آبی و افزوده شدن به پهنه‌های خشکی تالاب می‌باشد (Torabi *et al*., 2018).

شرکت رویان نیز در سال ۸۷ پس از انجام مطالعات نیاز آبی تالاب بختگان، اعداد ۳۶۰ الی ۴۵۰ م م در سال برای دوره‌های خشکسالی، ۶۰۰ م م برای دوره‌های نرمال و ۷۰۰ الی ۹۰۰ م م را نیز برای دوره‌های ترسالی بعنوان حقابه از رودخانه‌های کر–سیوند را براساس رژیم تاریخی پیشنهاد نمود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (Rooyan, 2008). در تحقیقات گذشته نیز نیاز آبی تالاب بختگان با استفاده از فلامینگو بعنوان گونه‌ی شاخص برآورد شده است که حداقل نیاز آبی پیشنهادی ۶۸۰ م م در سال و نیاز آبی مطلوب ۱۸۷۰ م م در سال برآورد شده است (Sajedipour *et al*. 2017) که نزدیک به برآورد تحقیق حاضر است. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر از داده‌های بلندمدت‌تری استفاده شده است که شامل دو دهه اخیر که آورد کر–سیوند مطلوب نبوده و روند اقلیمی نیز چندان مناسب نبوده است نیز می‌باشد لذا تفاوت در تخمین نیازآبی منطقی به نظر می‌رسد

دلایل کاهش ورودی تالاب‌های بختگان و طشک: خشکسالی یا دخالت‌های انسانی؟

برای پاسخ دقیق تر به این پرسش بهتر است ابتدا وضعیت اقلیمی حوضه آبخیز در درازمدت گذشته در قیاس با سال‌های اخیر و همچنین آخرین وضعیت تالابهای یادشده در سال‌های اخیر پس از اعمال مدیریت‌های جدید در حوضه آبخیز از جمله احداث سدهای ملاصدرا و سیوند را بررسی نماییم.

گام اول: وضعیت اقلیمی حوضه آبخیز در درازمدت گذشته و مقایسه آن با سال‌های اخیر

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که پس از سال ۱۳۸۶ بیش‌ترین تغییر در پهنه آبی تالاب بختگان مشاهده شد، به‌گونه‌ای که پس از سال ۱۳۸۶ هیچگونه آب دائمی در ه بختگان و طشک مشاهده نشده است. دوره‌ی خشکسالی دوم (از نیمه دوم ۸۰ تا نیمه اول نود) یکی از عوامل مؤثر در خشک شدن دریاچه می‌باشد. اما دو نکته که می‌بایست مد نظر قرار گیرد: اول اینکه نتایج شاخص خشکسالی نشان می‌دهد که در گذشته نیز منطقه‌ی مورد مطالعه دچار خشکسالی‌های مداوم بوده است اما هیچگاه همانند دوره‌ی اخیر به مدت طولانی آورد ایستگاه‌های هیدرومتری حسن‌آباد و پل‌خان کاهش نداشته است. نکته‌ی دوم آن است که در برخی سال‌ها علی‌رغم بارش مناسب در ایستگاه‌های بالادست حوضه، آورد سالانه‌ی ایستگاه‌های جسن‌آباد و پل‌خان مطلوب نبوده است. به عبارت دیگر همخوانی بین بارش در بالادست و آورد پایین‌دست مشاهده نمی‌گردد. در این زمینه باقری و همکاران به بررسی اثر خشک‌سالی و فعالیت‌های انسانی بر تغییرات

پهنه آبی دریاچه طی دوره‌های زمانی ۱۳۵۵ تا سال ۱۳۹۳ پرداختند (Bagheri *et al*., 2016). ایشان فرضیه‌های مطرح در توضیح علل خشک‌شدن را وقوع خشک‌سالی‌های مداوم و نیز افزایش مصرف آب از رودخانه‌های کر و سیوند و منابع آب زیرزمینی منطقه در بالادست دریاچه عنوان نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که در بازه سال‌های ۷۱ تا ۷۸ پهنه آبی به مقدار چشم‌گیری کاهش یافته است، از طرفی قبل از سال ۷۸ با تداوم کاهش بارندگی مقدار دبی ثبت شده در ایستگاه نیز کاهش یافته است. به‌عبارت دیگر روند تغییرات دبی و بارندگی هم‌سو می‌باشند، در نتیجه می‌توان در این مقطع زمانی یکی از علت‌های تغییر پهنه آبی تالابرا به میزان زیادی به خشک‌سالی ناشی از تداوم در کاهش بارندگی ربط داد. اما در دو دهه‌ی اخیر تناسبی بین بارندگی در بالادست و آورد روخانه‌ها در پایین دست و ورودی تالاب‌ها وجود ندارد که علت آن را می‌توان به دو عامل احداث سدهای جدید و همچنین افزایش مصرف ربط داد. مطالعه‌ی مظفری و همکاران (۱۴۰۰) نیز حاکی از تاثیر منفی احداث سدهایی بالادست بر کاهش آب ورودی و خشکیدگی تالاب‌های بختگان و طشک بوده است. نتایج تحقیق حاضر که نشان می‌دهد دبی پل‌خان در سه دهه مختلف به گونه‌ای بوده که در دهه سوم مورد بررسی که از سال ۸۵ الی ۹۴ را شامل می شود کمترین مقدار بوده در مقایسه با روند بارندگی‌ها در سه ایستگاه منتخب مورد مطالعه که حاکی از عدم کاهش شدید بارندگی در دو دهه‌ی اخیر می‌باشد دلیل دیگری است بر تاثیرپذیری بیشتر مصرف مازاد بر توان اقلیمی منطقه در خشکیدگی تالاب‌های بختگان و طشک.

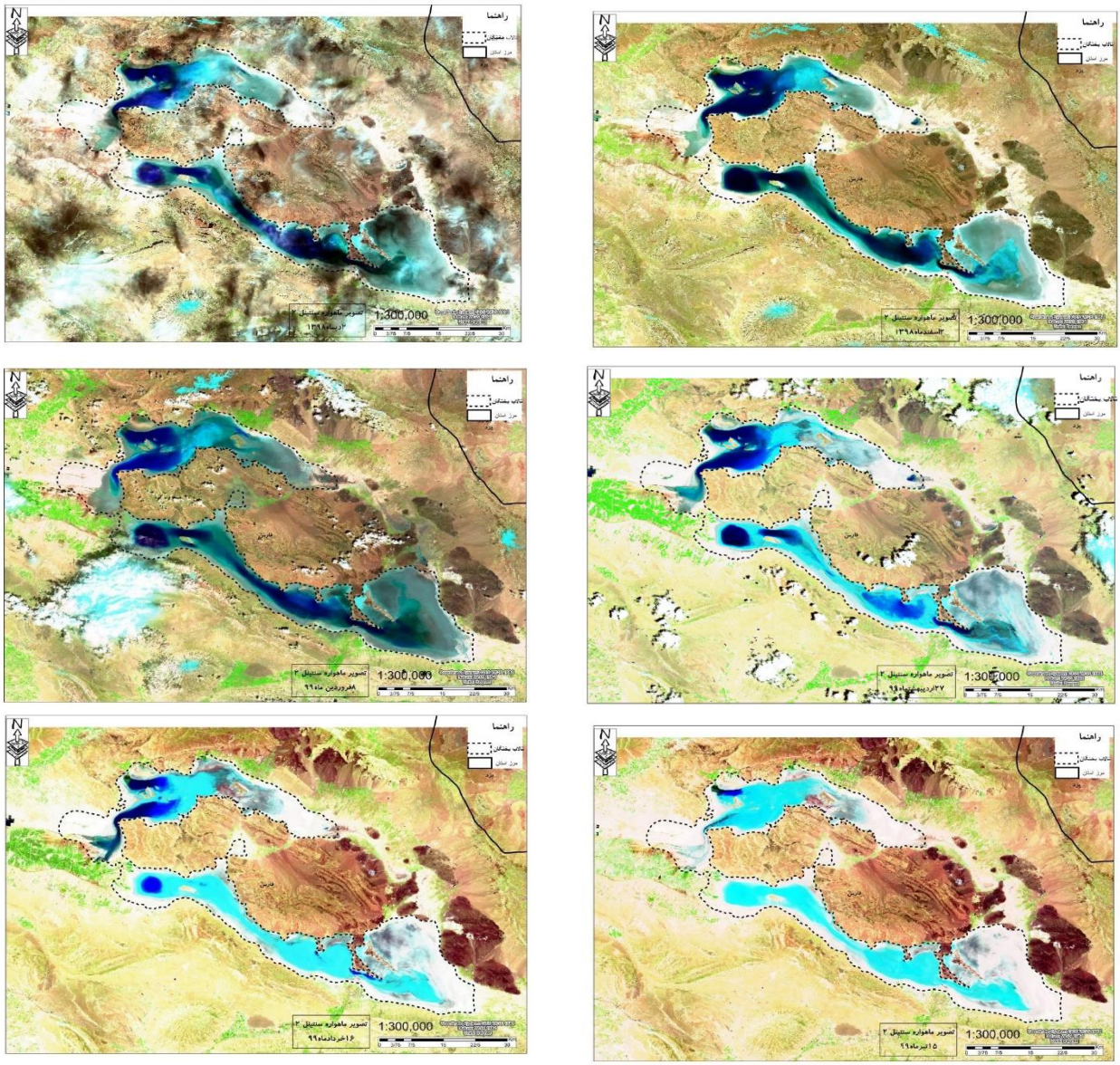
گام دوم: بررسی وضعیت دریاچه در سال ۹۸-۹۹

سال آبی ۹۸-۹۹ یکی از سال‌های مناسب از نظر میزان بارندگی در استان فارس بوده است. میزان بارندگی از مهر ۹۸ الی ۲۲ تیرماه ۹۹ در استان فارس ۴۳۴/۹ میلیمتر بوده است که نسبت به درازمدت استان بیش از ۴۵ درصد افزایش داشته است و جزو سال‌های ترسالی استان محسوب می‌شده است (جدول ۵). در همین مدت در سال گذشته ۳۷۲ میلیمتر بارندگی داشته است. متوسط درازمدت استان ۳۰۰ میلیمتر می‌باشد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای از وضعیت تالاب‌های طشک و بختگان از ۱۲ دی‌ماه ۹۸ تا ۱۴ تیرماه ۹۹ در شکل۱۴ارائه شده است. این دو تالاب در پرآب ترین زمان (در ۸ فروردین ۹۹) دارای بیشترین مساحت بوده اند به گونه ایی که۳۶۷۹۷/۷ هکتار از سطح تالاب بختگان و ۲۲۶۶۵/۸ هکتار از مساحت تالاب طشک زیر آب بوده است. اگر متوسط عمق آب این دو دریاچه را در این تاریخ ۱/۲ متر در نظر بگیریم، حجم آب موجود در تالاب بختگان۴۴۱ میلیون متر مکعب و در تالاب طشک ۲۷۱ میلیون متر مکعب می باشد که جمع هردو بالغ بر ۷۱۲ میلیون مترمکعب می‌باشد که برابر با میانگین درازمدت حجم آب تالاب در طی ۴ دهه‌ی گذشته می‌باشد.

جدول ۵. وضعیت بارندگی حوزه آبریز طشک، بختگان و مهارلو در طی ده سال گذشته منتهی به سال زراعی ۹۸-۹۹

سال آبی	بارش (میلیمتر)			درصد اختلاف سال جاری با		
	سال جاری	سال پیش	میانگین یازده ساله منتهی به سال قبل	میانگین بلندمدت	سال پیش	میانگین یازده ساله منتهی به سال قبل	میانگین بلندمدت
۹۹-۹۸	۴۷۷,۹	۴۸۳,۶	۳۳۵	۴۰۳,۷	-۱	۴۳	۱۸
۹۸-۹۷	۴۸۳,۶	۱۷۰,۳	۳۰۳,۶	۴۰۲,۱	۱۸۴	۵۹	۲۰
۹۷-۹۶	۱۷۰,۳	۴۱۴,۷	۳۳۲,۵	۴۰۶,۸	-۵۹	-۴۹	-۵۸
۹۶-۹۵	۴۱۴,۷	۲۸۲,۹	۳۳۲,۷	۴۰۶,۷	۴۷	۲۵	۲
۹۵-۹۴	۲۸۲,۹	۲۸۸,۲	۳۶۰,۹	۴۰۹,۳	-۲	-۲۲	-۳۱
۹۴-۹۳	۲۸۸,۲	۳۲۶,۸	۳۸۰,۳	۴۱۱,۹	-۱۲	-۲۴	-۳۰
۹۳-۹۲	۳۲۶,۸	۴۳۴,۹	۳۹۱,۷	۴۱۳,۸	-۲۵	-۱۷	-۲۱
۹۲-۹۱	۴۳۴,۹	۳۸۶,۱	۴۰۷,۲	۴۱۳,۳	۱۳	۷	۵
۹۱-۹۰	۳۸۶,۱	۲۹۸,۲	۳۹۹,۳	۴۱۴	۲۹	-۳	-۷
۹۰-۸۹	۲۹۸,۲	۳۲۱,۱	۳۹۳,۶	۴۱۶,۷	-۷	-۲۴	-۲۸
متوسط	۳۵۶,۴						

منبع: سایت وزارت نیرو (دسترسی آنلاین در تاریخ ۱۳۹۹/۴/۲۴)



شکل ١٤- تغییرات سطح دریاچه‌های بختگان و طشک از دی ۹۸ الی تیر ۹۹

با بررسی جدول۵ مشخص می‌گردد که در طی ۱۰ سال گذشته بجز سال زراعی ۹۷-۹۸ و ۹۸-۹۹ متوسط بارش سالیانه کمتر از میانگین بارش بلندمدت حوضه‌ی آبخیز بوده است (البته در طی سال‌های ۹۵-۹۶ و ۹۱-۹۲ با میانگین درازمدت برابر بوده است). طبق آمار سازمان هواشناسی استان فارس متوسط بارندگی۲۵ ساله استان برابر با ۳۱۳ میلیمتر بوده که در چند سال اخیر به ۲۱۸ میلی متر کاهش یافته است. با توجه به ارتباط بارش و رواناب این موضوع موجب کاهش میزان آب ورودی و درنتیجه کاهش مساحت آب دریاچه شده است.

در نظر گرفتن هر دو پدیده (بارش کمتر از متوسط در سطح حوضه) و از طرفی آبگیری تالاب‌ها در حد میانگین بلندمدت پس از یک بارش مناسب در سال آبی ۹۸-۹۹ نشان می‌دهد که خشکیدگی تالاب‌های طشک و بختگان هم تحت تاثیر عوامل اقلیمی است و هم عوامل انسانی. اما سهم عامل اصلی باید با در نظر گرفتن سایر شرایط حاکم بر حوضه مشخص می‌گردد (ادامه‌ی بحث).

در همین دوره اندازه‌گیری میزان تبخیر در ایستگاه جهان‌آباد بختگان، و محاسبه‌ی تبخیر از سطح تالاب حاکی از افزایش میزان تبخیر در محدوده‌ی مطالعاتی تالاب و خود تالاب می‌باشد. به عبارت دیگر تبخیر نیز بعنوان یک عامل دیگر برعلیه آبگیری تالاب‌ها عمل می‌نماید.

از طرف دیگر همانطور که گفته شد یکی از اصلی‌ترین منابع تامین‌کننده آب تالاب‌ها رودخانه کر است. عملیات ساخت سد ملاصدرا ازسال ۱۳۸۱ بر روی این رودخانه آغاز شده و در سال ۱۳۸۶ به بهره‌برداری رسید. تاریخ بهره‌برداری از سد ملاصدرا و نیز تخصیص بخش

قابل ملاحظه‌ای از آب سد سیوند به مصرف کشاورزی با شروع روند خشک شدن دریاچه همخوانی نسبی دارد. به همین دلیل می‌توان نحوه بهره‌برداری از این سدها را نیز به عنوان عوامل موثر در وضعیت کنونی دریاچه به شمار آورد.

از مجموع موارد مطرح شده می‌توان نتیجه گرفت که گرچه هم عوامل اقلیمی چون خشکسالی، کاهش نزولات جوی و افزایش تبخیر و هم عوامل انسانی همچون بهره‌برداری از سدها، افزایش مصرف آب و توسعه‌ی کشاورزی در حوضه از عوامل اصلی خشکیدگی تالاب‌های طشک و بختگان در سال‌های اخیر می‌باشند اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سهم عوامل انسانی در خشکیدگی تالاب بیشتر است. هرگاه یکی از عوامل فشار بر تالاب کاهش یابد، همانند بارش مطلوب سال ۹۸-۹۹ تالاب می‌تواند جان تازه ای بگیرد اما متاسفانه آنچه در دو دهه‌ی اخیر همسو با هم سبب خشکیدگی این تالاب‌های ارزشمند شده است افزایش همزمان÷ مصرف آب و سطح زیر کشت و کاهش بارش در حوضه است است که چون دو لبه‌ی یک قیچی رشته‌ی حیات بختگان و طشک را بریده اند.

در صورت تامین حقابه، سناریوهای مختلفی را می‌توان برای زمان مناسب جهت رهاسازی حقابه بختگان از سدهای بالادست پیشنهاد داد. اما در صورتی‌که زمان رهاسازی حقابه همزمان با فصول فعالیت کشارزی در منطقه باشد تجربه نشان داده است که رهاسازی حقابه‌ی تالاب ثمربخش نبوده و همه‌ی آب مصرفی توسط کشاوزان مصرف می‌گردد. لذا چنان‌چه قرار باشد فقط در یک ماه حق آبه تالاب رهاسازی گردد بهترین زمان بهمن ماه می‌باشد و چنان‌چه سناریوی رهاسازی سه ماهه در نظر باشد به ترتیب اولویت ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین بهترین زمان رهاسازی حقابه می‌باشند. توصیه می‌گردد با توجه به شرایط، حجم رهاسازی نیز به ترتیب در ماه‌های یاد شده به شکل نزولی باشد. یعنی بیش‌ترین حجم در بهمن‌ماه و کم‌ترین آن در فروردین ماه باشد. در غیر این‌صورت در سناریوهای بیش از ۳ ماه، و به‌خصوص رهاسازی حقابه‌ی تالاب در ماه‌هایی غیر از زمان‌های پیشنهاد شده که هم‌زمان با اوج مصرف آب در کشاورزی است عملاً آبی وارد تالاب نخواهد شد. از طرف دیگر پیشنهاد می گردد رهاسازی حقابه پس از یک بارندگی مطلوب باشد تا هم آب کمتری توسط بستر رودخانه جذب گردد و هم آب رهاسازی شده مورد مصرف کشاورزی قرار نگیرد.

نتیجه‌گیری

بطورکلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خشک شدن تالاب‌های بختگان و طشک حاصل تاثیر منفی سه عامل، اقلیم، مدیریت ناپایدار منابع آب و کشاورزی غیرپایدار و افزایش جمعیت در حوضه‌ی بختگان طشک می‌باشد. کاهش بارش، افزایش ازدیاد برداشت و گسترش سطح زیرکشت در حوضه موجب مصرف آب‌های جاری پیش از ورود به تالاب می‌گردند. در حال حاضر راهکار اصلی برای احیا این تالاب‌ها، کاهش مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی با مدیریت کشاورزی در حوضه (کشت رقم‌های کم آب‌بر و استفاده از شیوه‌های آبیاری نوین و همچنین جلوگیری از احداث زمین‌های کشاورزی جدید) بخصوص در بالادست حوضه و مناطق کامفیروز و دشت های مرودشت و کربال، جلوگیری از تعریف حقابه‌ی جدید و تنوع معیشتی بجز کشاورزی در حوضه است تا بتوان با کاهش مصرف آب در بخش‌های مختلف، حقابه‌ی تالاب را تامین نمود. برنامه‌های چون استفاده از آب های خاکستری و آبهای حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها برای تالابها باید با حداکثر ملاحظات زیست‌محیطی صورت گیرد. با توجه به اینکه نزدیک به ۸۰ درصد آب‌های مصرفی در مصارف خانگی و انسانی مجددا به آب‌های زیرزمینی برمیگردد، مصرف این آبها برای تامین حقابه ی تالاب‌ها می تواند به افزایش بیش از پیش افت آبهای زیرزمینی منجر شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Amarasinghe, A. G. (2020). Analysis of long-term rainfall trends in sri lanka using chrips estimates. *American Journal of Multidisciplinary Research & Development (AJMRD)*, *2*(11), 34-44.

Bagheri, M.H., Bagheri, A, Sohooli, Gh. A. (2016). Analysis of changes in the Bakhtegan lake water body under the influence of natural and human factors. *Water Research of Iran, 12* (3), 1-11. In Farsi.

Ebrahimi-Khusfi, Z., Nafarzadegan, A. R., Ebrahimi-Khusfi, M., & Zandifar, S. (2022). Monitoring the water surface of wetlands in Iran and their relationship with air pollution in nearby cities. *Environmental Monitoring and Assessment*, *194*(7), 1-20.

Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., & Kentula, M. E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, *27*(3), 543-560.

Hamidifar, H., Akbari, F., & Rowiński, P. M. (2022). Assessment of Environmental Water Requirement Allocation in Anthropogenic Rivers with a Hydropower Dam Using Hydrologically Based Methods—

Case study. *Water*, *14*(6), 893.
Harbor, J. M. (1994). A practical method for estimating the impact of land-use change on surface runoff, groundwater recharge and wetland hydrology. *Journal of the American Planning Association*, *60*(1), 95-108.
Jensen, M. E. (2010). Estimating evaporation from water surfaces. In *CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, Fort Collins, CO* (pp. 1-27).
Jin, X., Yan, D., Wang, H., Zhang, C., Tang, Y., Yang, G., & Wang, L. (2011). Study on integrated calculation of ecological water demand for basin system. *Science China Technological Sciences*, *54*(10), 2638-2648.
KhanAhmadi, H., Saghafian, B., & Daneshkar, A. P. (2021). Forecasting the area of the Bakhtegan and Tashk Lake using remote sensing and climatic factors. Iran Water Resources Research 17(1)-151-165.
Mozafari, M, Hosseini, Z, Fijani, E. (2021). The impacts of Mollasadra and Sivand dams on the drought of Bakhtegan and Tashk, the fortieth Symposium of Earth Science, Tehran, Iran.
Rawat, K. S., Singh, S. K., & Szilard, S. (2021). Comparative evaluation of models to estimate direct runoff volume from an agricultural watershed. *Geology, Ecology, and Landscapes*, *5*(2), 94-108.
Rooyan consulting Co (2008). Environmental study of Bakhtegan and Tashke lakes. *Fars Regional Water Co*. 137 pp. In Farsi.
Sajedipour, S., Zarei, H., & Oryan, S. (2017). Estimation of environmental water requirements via an ecological approach: a case study of Bakhtegan Lake, Iran. *Ecological engineering*, *100*, 246-255.
Tarazkar, MH, Zibaei, M., Soltani, Gh. (2016). Identification and ranking of Bakhtegan International Wetlands restoration strategies with Fuzzy TOPSIS approach. Wetland Ecobiology, 8(27)-23-40.
Teymoorey, I., Pour Ahmad, A., Habibi, L., & Salarvandian, F. (2011). Using the fuzzy C-means classification method for the need water determination of Lakes Bakhteghan & Tashk. *Physical Geography Research Quarterly*, *43*(77), 21-37.
Tiner, R. W. (1996). Wetland definitions and classifications in the United States. JD Fretwell, JS Williams, and P. J. Redman (compilers) National Water Summary on Wetland Resources. US Geological Survey, Reston, VA, USA. Water-Supply Paper, 2425, 27-34.
Torabi, Gh., Aghamohammadi, H., Behzadi, S. (2018). Monitoring of Bakhtegan lake and sourended lands using satellite images and computational intelligence. *Ecohydrology,* 5 (1). 263-269. In Farsi.
Vazirzadeh, A. (2021). The impact of human activities on the diversity of wetland ecosystems in fars province: a look at the way we have traveled and the road ahead. *1st Fars Biodiversity Conference*, March 2021, Shiraz University, Iran, 227-237. In Farsi.
Wittmann, F., Householder, E., De Oliveira, A., Lopes, A., Junk, W., & Piedade, M. (2015). Implementation of the Ramsar convention on South American wetlands: an update.