اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۷۵۰-۷۳۳

بررسی راهکارهای مدیریتی جهت رفع چالش‌های بین تأمین آب کشاورزی و حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب در شرایط مختلف آب‌وهوایی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز تالاب امیرکلایه)

هادی مدبری[1*]، مرتضی کریمی[2]، بابک رازدار[2]

۱. استادیار گروه پژوهشی پایش منابع آب، پژوهشکدهٔ محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

۲. پژوهشگر گروه پژوهشی پایش منابع آب، پژوهشکدهٔ محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران

(تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۰۲/۲۱؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۰۴/۱۹؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۰۹/۲۸)

چکیده

در این پژوهش نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و ترسالی با هدف رسیدن به شرایط حداقل، قابل قبول و مطلوب برآورد شد. برای انجام این کار، ابتدا تعیین طبقات خشکسالی در سال‌های مختلف براساس شاخص SPI محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد، مقادیر کمبود آب تالاب با شبیه‌سازی دورهٔ آماری بلندمدت معادلهٔ بیلان، منابع آب در دسترس و تطبیق آن با شرایط اکولوژیکی هدف‌گذاری شده، در جهت تأمین نیاز آبی تالاب امیرکلایه در سناریوهای مختلف به دست آمد. نتایج نشان داد در شش‌ماههٔ اول سال آبی و در شرایط خشکسالی با تأمین حدود ۰/۶۲ میلیون مترمکعب کمبود آب، نیاز آبی برای شرایط اکولوژیکی حداقل تأمین خواهد شد در صورتی که در شرایط نرمال و ترسالی کمبود آبی وجود نخواهد داشت. در حالی که در شش‌ماههٔ دوم سال آبی و در شرایط خشکسالی نرمال و ترسالی به‌ترتیب به مقدار ۳/۶۵، ۳/۵۴ و ۲/۶۸ میلیون مترمکعب، تیرماه به عنوان بحرانی‌ترین ماه، تالاب با کمبود آب مواجه است. با بررسی آبدهی نهر سیدعلی اکبری نتیجه شد که فقط در شش‌ماههٔ اول سال آبی می‌توان از این منبع برای تأمین آب تالاب استفاده کرد. حجم آب قابل برداشت از این نهر حدود ۴/۷ میلیون مترمکعب برآورد شد. همچنین، در شرایط نرمال و ترسالی نیز می‌توان با افزایش ظرفیت ذخیرهٔ مخزن تالاب مقدار ۱/۵ میلیون مترمکعب آب را ذخیره کرد و از طریق افزایش راندمان حدود ۰/۵۵ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

کلمات کلیدی: نیاز آبی زیست‌محیطی، معادلهٔ بیلان، شاخص SPI، تالاب امیرکلایه.

* نویسندهٔ مسئول

Email: modaberi8@gmail.com

۱. مقدمه

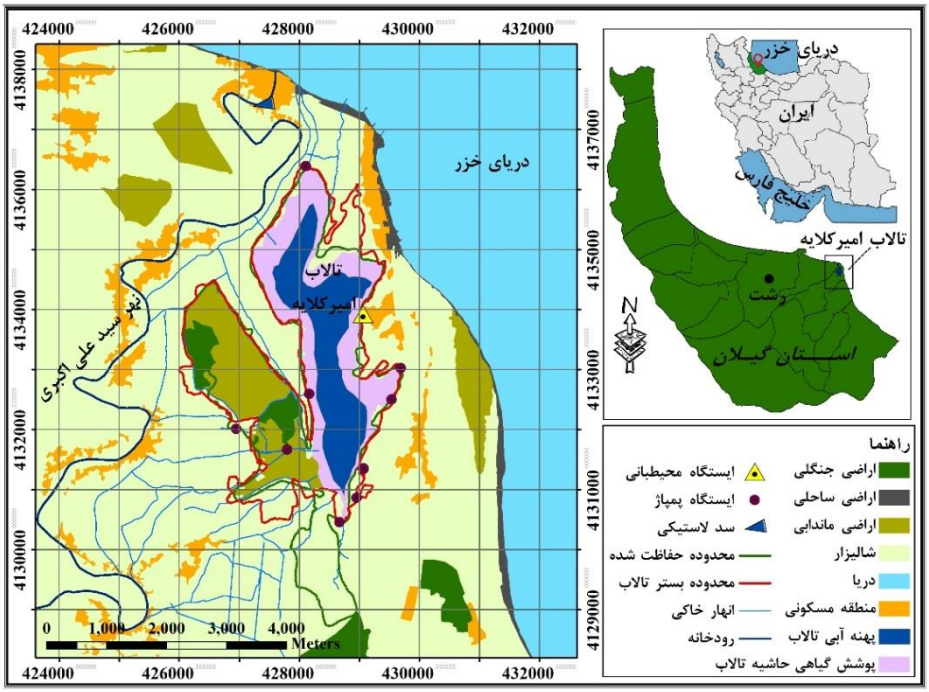
محاسبهٔ نیاز آبی تالاب‌ها در صورتی محقق می‌شود که شیوهٔ تأمین آب در برنامه‌ریزی منابع آب حوضه وارد شود. در نتیجه، تصمیم‌گیران می‌توانند با بررسی فرایندهای مختلف، مقدار آب تخصیصی به هر بهره‌بردار را به صورت حقابه ثبت کند و راهکارهای مدیریتی مناسبی برای حفظ و پایداری اکوسیستم تالاب را ارائه کنند [۱]. به منظور کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و حفظ و احیای ویژگی‌های طبیعی تالاب‌ها نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی یکپارچه امری حیاتی است [۲]. یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده برای حفظ مطلوبیت زیستگاهی در تالاب‌ها و کاهش خطر از بین رفتن آن‌ها، مقادیر بهینهٔ کیفیت و کمیت آب ورودی و ذخیره‌شده در آن است [۳]. مرور تجربیات مشابه در این خصوص در مناطق مختلف کشور نشان می‌دهد اقدامات لازم برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب در شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت فقط با اتکا به مدیریت عرضه بر پایهٔ احداث تأسیسات جدید و جنبه‌های سخت‌افزاری تکنولوژی نمی‌تواند مشکلات را تخفیف داده یا از عهدهٔ آن برآید و حتی مدیریت توأم عرضه و تقاضا در شرایط فعلی نیز پاسخگو نخواهد بود، اگرچه با شرایط تاریخی مدیریت آب در کشور متناسب به نظر می‌رسد [۲ـ ۵]. به اعتقاد خبرگان و کارشناسان مدیریت آب در دنیا، تنها راه برخورد معقول با مدیریت آب در اکوسیستم‌های آبی، داشتن نگرش جامع و فراگیر به مقوله‌ها و ربط منطقی و توسعهٔ فراگیر آن‌ها است و این مهم با عنوان مدیریت یکپارچهٔ منابع آب مطرح می‌شود [۶]. مدیریت یکپارچهٔ منابع آب در سطح یک حوضهٔ آبریز روشی است که توسعه و مدیریت مناسب آب، زمین و منابع مرتبط با آن را با هدف به حداکثر رساندن سود اقتصادی و رفاه اجتماعی به صورت عادلانه، بدون ایجاد خدشه‌ای بر اکوسیستم در درازمدت، مورد مطالعه قرار می‌دهد [۷ و ۸]. مدیریت یکپارچهٔ منابع آب با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و اولویت دادن به حقابه‌های زیست‌محیطی در مدیریت تخصیص منابع آب، جنبه‌های اکولوژیکی را در حوضه‌های آبریز مد نظر قرار می‌دهد [۹ و ۱۰]. امروزه، فعالیت‌های پژوهشی متعددی در راستای تعیین حقابهٔ محیط زیستی تالاب‌ها با هدف حفظ و مدیریت صحیح و کارآمد تالاب‌ها توسط محققان انجام شده است که در ادامه به نمونه‌های شاخص آن در ایران و جهان اشاره می‌شود. کریمی و مدبری (۱۴۰۰) نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب بوجاق را محاسبه کردند و به ارائهٔ راهکارهای مناسب برای تأمین آن در شرایط مختلف آب‌وهوایی پرداختند. کلیهٔ شاخص‌های هیدرومورفولوژیکی، اکولوژیکی، بیولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی بررسی شدند و با تحلیل پرسشنامه‌ها، ارزش‌گذاری شاخص‌ها و انتخاب شاخص‌های مورد نظر برای هر بخش، اردک سرحنایی با اختصاص بیشترین درجهٔ اهمیت به عنوان شاخص نهایی اکولوژیکی و گردشگری به عنوان شاخص نهایی اقتصادیـ اجتماعی انتخاب شد و حجم آب مورد نیاز برای رسیدن به شرایط هدف‌گذاری‌شدهٔ مطلوب، قابل قبول و حداقل به‌ترتیب برابر با ۳۴۰، ۲۸۵ و ۲۳۵ هزار مترمکعب به دست آمد. همچنین، به منظور بررسی میزان کمبود آب در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی در مقیاس ماهانه، کلیهٔ اجزای معادلهٔ بیلان در مقیاس حوضهٔ تالاب برای رسیدن به ترازهای اکولوژیک مطلوب و حداقل به صورت میانگین بلندمدت ماهانه در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد در شرایط نرمال و خشکسالی حجم تالاب با شرایط حداقل اکولوژیکی فاصله دارد. بنابراین، به عنوان راهکار مدیریتی می‌توان با ایجاد منابع آب ورودی جدید به تالاب، آب مورد نیاز تالاب را بدون لطمه به سایر مصرف‌کنندگان از رودخانه‌های سفیدرود و اشمک تأمین کرد و تراز آب تالاب را به تراز اکولوژیکی هدف‌گذاری‌شده رساند [۱۱]. در مطالعه‌ای دیگر نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه براساس رویکرد جامع‌نگر با در نظر گرفتن تضاد بین استفاده از آب برای کشاورزی و حفظ تالاب تعیین شد. مدل ارزیابی جامع‌نگر توسعه‌یافته در این تحقیق شامل بخش‌های بیوفیزیکی، اقتصادیـ اجتماعی، توسعهٔ سناریو و تلفیق بود. در بخش‌های بیوفیزیکی و اقتصادیـ اجتماعی ارزیابی جامعی از کلیهٔ شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، اکولوژیکی، بیولوژیکی، اقتصادیـ اجتماعی انجام شد و در نهایت، برداشت آب از تالاب برای مصارف کشاورزی به عنوان شاخص اقتصادیـ اجتماعی و گونهٔ جانوری شنگ به عنوان شاخص اکولوژیکی انتخاب شدند. سناریوهایی به منظور حفظ مطلوبیت زیستگاه برای شاخص منتخب به صورت شرایط حداقل و مطلوب در مقایسه با وضع موجود برای ذی‌نفعان تالاب تعیین شد. در پایان در بخش تلفیق، نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه برای تأمین آب مورد نیاز برای شاخص‌های منتخب بر اساس سناریوهای هدف‌گذاری‌شده در دو دورهٔ زمانی شش‌ماههٔ اول و

شش‌ماههٔ دوم سال آبی تعیین شد. نتایج نشان داد حجم آب زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شرایط مطلوب در شش‌ماههٔ اول و دوم سال آبی به‌ترتیب برابر ۷/۲۵ و ۶/۷۴ میلیون مترمکعب بود. نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شرایط حداقل برای تمام سال ۵/۳۶ میلیون مترمکعب برآورد شد [۱۲]. در مطالعه‌ای دیگر به ارزیابی اثرات کاهش حقابه بر خدمات اکولوژیکی تالاب انزلی در چارچوب مدیریت یکپارچهٔ منابع آب پرداخته و از یک مدل مفهومی برگرفته از مبانی IWRM برای ارزیابی خسارت‌های اقتصادی حاصل از تخریب شرایط اکولوژیکی تالاب استفاده شد. با تعریف وضعیت مطلوب و همچنین، حداقل قابل قبول تالاب انزلی از نظر سلامت اکولوژیکی، ارزش اقتصادی کارکردها و خدمات تالاب در چهارچوب اهداف درنظرگرفته‌شده برای مدیریت یکپارچه در ترازهای اکولوژیکی متناظر به دست آمد. نتایج نشان داد تالاب انزلی در آن شرایط از اوضاع اکولوژیکی مناسبی برخوردار نیست و به هم خوردن توازن هیدرولوژیکی از طریق لطمه زدن به خدمات اکولوژیکی ملموس تالاب انزلی چه اثراتی بر ارکان مدیریت یکپارچهٔ منابع آب در سیستم یادشده به جای گذاشته است [۱۰]. با بررسی منابع و تجزیه‌وتحلیل رویکردهای موجود در تعیین جریان‌های زیست‌محیطی و ارتباط آن با مدیریت یکپارچهٔ منابع آب نتیجه شد که رویکردی در تخصیص منابع آب می‌تواند مثمرثمر باشد که تغییر در رفاه اجتماعی و عدالت اجتماعی را در بین تمامی گروه‌های ذی‌نفع انسانی در نظر بگیرد [۱۳ و ۱۴]. برای توسعهٔ چنین رویکردی درک مفهوم رفاه و روابط انسان با اکوسیستم و معادلهٔ هیدرولوژی بیلان در حوضهٔ آبریز تالاب لازم است. این امر یکی از اصول مهم مغفول‌مانده در رویکردهای زیست‌محیطی در روش‌های تخصیص منابع آب بوده که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است. دامنهٔ تغییرات میزان کمبود آب در تالاب‌ها، آستانه‌هایی را برای حفظ مطلوبیت زیستگاه معین می‌سازد که آگاهی از آن سبب تصمیم‌گیری بهتر دست‌اندرکاران برای پایداری اکوسیستم‌ها می‌شود. در این راستا، در تحقیق حاضر ابتدا وضعیت هیدرولوژیکی حوضهٔ آبریز تالاب امیرکلایه و کلیهٔ فاکتورهای تأثیرگذار بر معادلهٔ بیلان آب تالاب بررسی شده و طبقات خشکسالی منطقهٔ مورد مطالعه به کمک داده‌های هواشناسی و روش SPI در دورهٔ زمانی ۳۰ ساله مشخص شد. سپس، حجم آب مناسب برای تخصیص به تالاب در شرایط مختلف آب‌وهوایی به دست آمد. در پایان، با تجزیه‌وتحلیل معادلهٔ بیلان، میزان کمبود آب برای تالاب امیرکلایه در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی برای رسیدن به شرایط هدف‌گذاری‌شده مشخص شده و راهکارهای مدیریتی مناسب برای تأمین آب تالاب در ماه‌های مختلف پیشنهاد شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. منطقهٔ مطالعه‌شده

تالاب بین‌المللی و پناهگاه حیات وحش امیرکلایه یکی از زیستگاه‌های مهم زمستان‌گذرانی پرندگان مهاجر آبزی به‌ویژه مرغابیان در منطقه و مکان مهم برای زیست سایر مهره‌داران، بی‌مهرگان و گیاهان آبزی است و به همین دلیل از سال ۱۳۴۹ شمسی (۱۹۷۱ میلادی) تحت حفاظت و حراست سازمان محیط زیست (با احداث یک واحد ساختمان محیط‌بانی) قرار گرفته و به عنوان پناهگاه حیات وحش انتخاب شده است [۱۵]. همچنین، جزء نخستین تالاب‌های بین‌المللی ایران است که به کنوانسیون رامسر معرفی شده است. این تالاب و پناهگاه حیات وحش با وسعت ۱۲۳۰ هکتار در حد فاصل رودخانهٔ سید علی اکبری و دریای خزر قرار گرفته و توسط اراضی شالیزاری احاطه شده است [۱۵]. این تالاب شامل دو قسمت پهنهٔ آبی و پوشش گیاهی حاشیهٔ آن و همچنین، پهنهٔ ماندابی است که قسمت‌هایی از آن شامل اراضی جنگلی است. در اطراف تالاب نیز مناطق مسکونی وجود دارد. در شکل ۱ کاربری اراضی در محدودهٔ بستر و پناهگاه حیات وحش و حاشیهٔ تالاب امیرکلایه نشان داده شده است. تالاب امیرکلایه از جمله مهم‌ترین تالاب‌های آب شیرین داخلی ایران و جنوب دریای خزر است. این تالاب از نوع دریاچه و تالاب‌های درون خشکی بوده و از این نظر یکی از تالاب‌های بزرگ گیلان است. این تالاب نیز همچون بسیاری از تالاب‌های کشور با مشکلات کمبود منابع آب ورودی و برداشت بی‌رویه از آب آن و درنهایت وارد آمدن آسیب‌های مختلف به اکوسیستم آن مواجه است. کمبود منابع آب در دسترس از یک‌سو و از سوی دیگر، افزایش مداوم تقاضای آب، موجب به هم خوردن تعادل در سیستم‌های عرضه- تقاضای منابع آب شده است. بنابراین، برنامه‌ریزی برای تخصیص کارآمد منابع آب به منظور حفظ تنوع گونه‌ای و زیستی، احیا و بهبود وضعیت تالاب و برگشت به وضعیت مطلوب گذشته ضروری و لازم است [۱۶].



شکل ۱. موقعیت تالاب امیرکلایه و کاربری اراضی در محدودهٔ بستر و حاشیهٔ آن

۲. ۲. روش انجام کار

معادلهٔ بیلان آبی و مؤلفه‌های ورودی و خروجی آن در تالاب امیرکلایه در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و ترسالی بر اساس طبقات خشکسالی به صورت بلندمدت مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. هدف از انجام این کار، تعیین وضعیت منابع آب قابل تخصیص در سناریوهای مختلف (حداقل، قابل قبول و مطلوب) به عنوان جریان زیست‌محیطی در شرایط واقعی و شناسایی چالش‌های موجود و ارائه راهکارهای مدیریتی و قابل انجام در این راستا است.

۲. ۲. ۱. تعیین طبقات خشکسالی

به منظور تعیین دوره‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی از شاخص بارش استاندار (SPI) استفاده شد. این شاخص از رابطهٔ ۱ محاسبه و بر اساس جدول ۱ طبقات خشکسالی تعیین می‌شود.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{S} \qquad (۱)$$

که در آن، P_i بارندگی سالانه ایستگاه مورد نظر، $\bar{P}$ میانگین بارندگی در دورهٔ بلندمدت و S انحراف معیار سری بارندگی است. پس از تعیین دوره‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی می‌توان میانگین بلندمدت پارامترهای بارندگی و تبخیر را در هر دوره محاسبه کرد. به این منظور، از داده‌های ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله در بازهٔ زمانی ۳۰ ساله به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به تالاب امیرکلایه استفاده شد.

جدول ۱. طبقات مختلف شاخص بارش استاندارد SPI

طبقات خشکسالی	SPI
ترسالی	بیشتر از ۱+
نرمال	۱- تا ۱+
خشکسالی	کمتر از ۱-

۲. ۲. ۲. بیلان آب تالاب

به منظور محاسبهٔ میزان آب مورد نیاز برای تالاب امیرکلایه به منظور رسیدن به تراز اکولوژیکی حداقل، قابل قبول و مطلوب باید کلیهٔ مقادیر پارامترهای بیلان آبی اعم از جریان ورودی و جریان خروجی مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، از رابطهٔ ۲ برای محاسبهٔ بیلان آب در تالاب امیرکلایه استفاده شده است:

$$\Delta V = P + R + RF + G - W - E - ET - O \qquad (۲)$$

که در آن عوامل ورودی معادلهٔ بیلان شامل بارندگی مستقیم بر سطح تالاب (P)، رواناب سطحی (R)، آب برگشتی از آبیاری (RF) و تغذیه از آب زیرزمینی (G) و

جریان‌های خروجی نیز شامل برداشت آب به صورت پمپاژ برای مصرف کشاورزی (W)، تبخیر از سطح آب (E)، تبخیر-تعرق گیاهان تالابی (ET) و جریان خروجی از سرریز و دریچه‌های واقع در قسمت شمالی تالاب (O) و در نهایت، تغییرات حجم تالاب برابر با (ΔV) است.

برای ارائهٔ معادلهٔ بیلان در تالاب طی یک سال آبی به صورت حجم ماهانه باید یک حجم اولیه برای آن در نظر گرفت. به این منظور، حجم آب موجود در تالاب در شهریور هر سال در هر سناریو به عنوان حجم آب اولیهٔ تالاب در ابتدای سال آبی انتخاب شد. این حجم با استفاده از نتایج تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و منحنی سطح- حجم- ارتفاع تالاب برآورد شد. به این‌ترتیب، حجم آب تالاب در هر ماه به عنوان حجم اولیه برای محاسبهٔ حجم آب تالاب در ماه بعد مطابق رابطهٔ ۳ در نظر گرفته می‌شود.

$$V_t = V_{t-1} + \Delta V_t \qquad (۳)$$

در این رابطه، V_t: حجم تالاب در ماه t ام، V_{t-1}: حجم اولیه یا حجم تالاب در ماه قبل از t و ΔV_t: تغییرات حجم تالاب طی ماه t ام است.

۲. ۲. ۳. داده‌های مورد نیاز و روش محاسبه برای محاسبهٔ مؤلفه‌های بیلان آب تالاب

برای تهیهٔ معادلهٔ بیلان آب در حوضهٔ تالاب امیرکلایه لازم است تمامی مؤلفه‌های بیلان تا جایی که امکان‌پذیر باشد، به طور مستقل اندازه‌گیری یا محاسبه شود. با توجه به این نکته که هیچ رودخانه‌ای به تالاب امیرکلایه وارد نمی‌شود، منابع آب ورودی به تالاب امیرکلایه شامل بارندگی، رواناب سطحی، آب برگشتی و تغذیه از آب زیرزمینی است [۱۲]. ایستگاه چمخاله به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاهی که بیشترین داده‌های طول دورهٔ آماری ثبت‌شده ۳۰ ساله را دارد، برای بررسی بارندگی و تبخیر انتخاب شد. برآورد مقادیر رواناب سطحی نیز بر اساس روش سرویس حفاظت خاک آمریکا SCS و شمارهٔ منحنی CN روش معمول در هیدرولوژی برای حوضه‌هایی به کار می‌رود که در آن‌ها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد [۱۹]. این روش قادر است رواناب حوضه را با توجه به کاربری و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک برآورد کند (روابط ۴ و ۵):

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \qquad (۴)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۵)$$

که در آن، R ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر، S عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین و CN شمارهٔ منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه است. میزان زه‌آب اراضی کشاورزی یا همان آب برگشتی با توجه به شرایط سال آبی مورد نظر بین ۰ تا ۸۰ درصد تغییر می‌کند، به طوری که در شرایط پرآبی درصد بیشتری از آب آبیاری به پایین‌دست منتقل و به تالاب منتهی می‌شود. اما در شرایط کم‌آبی با بسته نگه داشتن خروجی زهکش‌ها در پایین‌دست، درصد بیشتری از آب آبیاری مصرف می‌شود [۲۰]. از طرف دیگر، با توجه به اینکه حوضهٔ تالاب امیرکلایه در انتهای شبکهٔ آبیاری زهکشی سفیدرود واقع شده است، اراضی کشاورزی موجود در این حوضه همواره با کمبود آب مواجه هستند. بنابراین، آب تحویلی به مزارع تا حد ممکن مصرف شده و آب برگشتی آن‌ها کمتر است. بر اساس مطالعات سند توسعهٔ آب استان مقدار آب برگشتی حدود ۳۰ درصد در نظر گرفته شد [۲۰].

با توجه به نتایج بررسی تراز سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای اطراف تالاب امیرکلایه، طی سال تراز سطح ایستابی همواره بالاتر از تراز سطح آب تالاب است [۱۲]. بنابراین، مقادیر تغذیه از آب زیرزمینی با استفاده از روش گرادیان هیدرولیکی و رابطهٔ دارسی که یکی از روش‌های پرکاربرد برای برآورد تبادل بین آبخوان و تالاب است، مطابق رابطهٔ ۶ برآورد شد [۱۹ و ۲۰].

$$Q = KA\frac{h_2 - h_1}{L} \qquad (۶)$$

در این رابطه Q دبی آب زیرزمینی، K هدایت هیدرولیکی، A مساحت برآوردشده بر اساس سطح جانبی مرطوب تالاب در ارتباط با آبخوان و کف متناسب با آن، h_1 هد هیدرولیکی در تالاب، h_2 هد هیدرولیکی در آبخوان و L فاصلهٔ بین دو تراز متوسط کف تالاب و تراز متوسط سطح ایستابی است. با ترسیم چندضلعی‌های تیسن برای ۱۲ چاه مشاهده‌ای موجود در اطراف تالاب امیرکلایه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، میانگین ماهانه و سالانه تراز سطح ایستابی به صورت وزنی برآورد شد. به منظور برآورد مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک در تالاب امیرکلایه نیز از نتایج مدل‌سازی آب زیرزمینی در مطالعات تعیین حد حریم و بستر تالاب

امیرکلایه استفاده شد [۲۱]. یکی دیگر از مؤلفه‌های مهم خروجی بیلان آب تالاب امیرکلایه، برداشت آب از طریق ۱۰ ایستگاه پمپاژ و حدود ۱۵۰ دیزل پمپ شخصی برای آبیاری حدود ۱۱۵۰ هکتار از اراضی شالیزاری حاشیهٔ تالاب است. با توجه به اینکه میزان ساعت‌های کارکرد و مقادیر پمپاژ آب ثبت نشده است، میزان برداشت آب بر اساس نیاز آبی برنج طی فصل رشد و مساحت تحت پوشش پمپ‌ها برآورد شد [۲۲]. سایر مؤلفه‌های خروجی شامل تبخیر از سطح آب تالاب و تبخیر- تعرق گیاهان تالابی نیز بر اساس داده‌های تبخیر از تشت ایستگاه چمخاله و اطلاعات مربوط به ضرایب گیاهی در نشریهٔ FAO56 محاسبه شدند [۲۳].

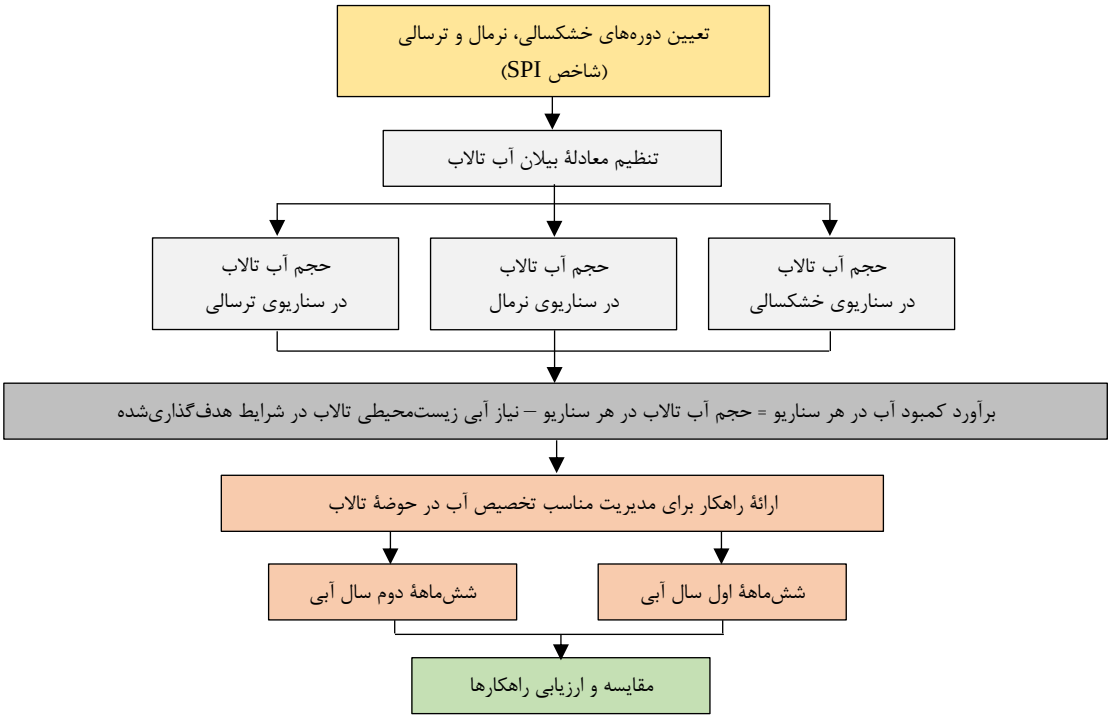
۲. ۲. ۴. شبیه‌سازی دورهٔ آماری بلندمدت سیستم آبی حوضهٔ آبخیز تالاب

مقادیر بارندگی، تبخیر، تراز آب زیرزمینی، تراز سطح آب تالاب و همچنین، مسائل مربوط به مصارف آب کشاورزی و آب برگشتی آبیاری متناظر با هر یک از سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی به صورت میانگین بلندمدت طی سال‌های متناظر محاسبه شدند. سپس، معادلهٔ بیلان در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. سپس، با تجزیه‌وتحلیل معادلهٔ بیلان و اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن به صورت میانگین ماهانه و سالانه طی یک سال آبی، میزان کمبود آب برای تالاب بوجاق در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی برای رسیدن به شرایط هدف‌گذاری‌شده مشخص شد و راهکارهای مدیریتی برای حفظ و احیای تالاب پیشنهاد شد. درخور یادآوری است هریک از شرایط هدف‌گذاری‌شده براساس مقالهٔ مدبری و شکوهی (۱۳۹۹) به صورت زیر تعریف شد [۱۲]:

شرایط حداقل اکولوژیکی: نیاز آبی در کمترین میزانی که اگر حجم یا سطح یا عمق آب از آن کمتر شود، گونهٔ مورد نظر دچار انقراض شود و یا به آن تالاب مراجعت نکند. در این حالت نیاز آبی کمترین مقدار است و حجم آب به‌دست‌آمده نسبت به شرایط طبیعی کاهش قابل توجهی پیدا می‌کند.

شرایط قابل قبول اکولوژیکی: نیاز آبی در حالتی که جمعیت و حضور گونهٔ انتخابی در تالاب در شرایط بین حداقل و مطلوب باقی بماند.

شرایط مطلوب اکولوژیکی: نیاز آبی در سطحی تعیین شود که گونهٔ انتخابی مورد نظر در بهترین شرایط باقی بماند و هیچ‌گونه کاهش جمعیتی برای حضور آن گونه در تالاب اتفاق نیفتد. مراحل انجام کار در این مقاله در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. مراحل انجام کار در مطالعهٔ حاضر

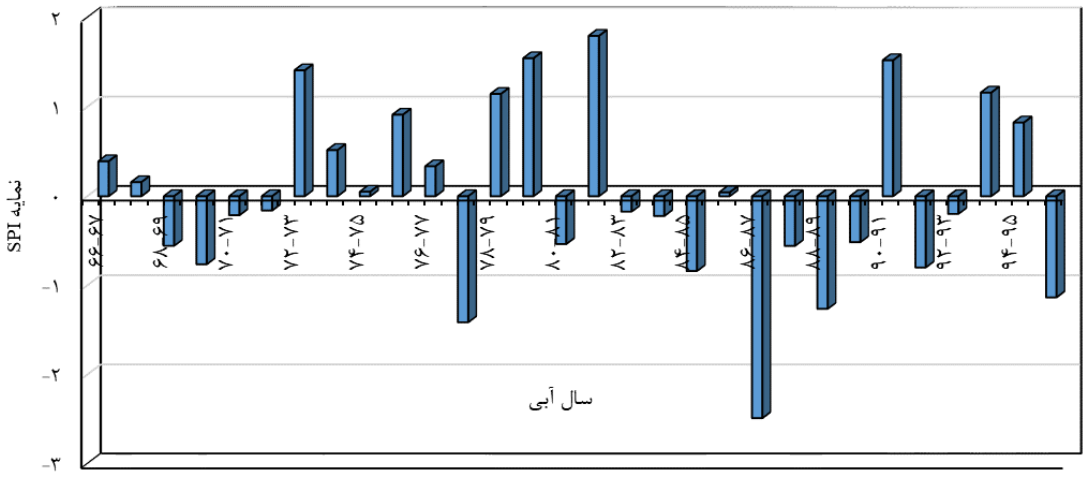
۳. نتایج و بحث

۳. ۱. بررسی وضعیت خشکسالی حوضهٔ تالاب امیرکلایه

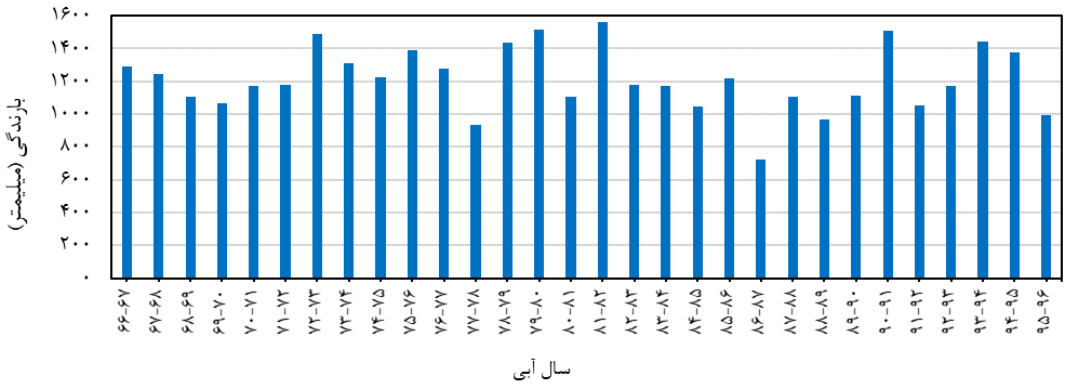
بررسی طبقات خشکسالی در حوضهٔ تالاب امیرکلایه طی دورهٔ آماری ۳۰ ساله نشان داد وضعیت خشکسالی فقط در چهار سال آبی ۱۳۷۷ــ ۱۳۷۸، ۱۳۸۶ــ ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ــ ۱۳۸۹ و ۱۳۹۵ـ ۱۳۹۶ مشاهده شده و در بقیهٔ سال‌ها در وضعیت نرمال یا ترسالی بوده است. میزان شاخص SPI در سال آبی ۱۳۸۶ــ ۱۳۸۷ در منفی‌ترین وضعیت خود در طبقهٔ خشکسالی خیلی شدید قرار دارد (شکل ۳). در دورهٔ ۳۰ ساله مورد نظر حدود ۶۷ درصد مواقع در طبقهٔ نرمال، ۲۰ درصد در طبقهٔ ترسالی و ۱۳ درصد در طبقهٔ خشکسالی قرار داشته‌اند.

۳. ۲. بررسی مؤلفه‌های ورودی و خروجی بیلان آب تالاب امیرکلایه

بارش سالانهٔ ایستگاه چمخاله در یک دورهٔ آماری ۳۰ ساله در شکل ۴ نشان داده شده است. بیشترین مقدار بارندگی در ایستگاه چمخاله مربوط به سال آبی ۱۳۸۱ــ ۱۳۸۲ با مقدار ۱۵۶۴/۵ میلی‌متر و کمترین میزان آن مربوط به سال آبی ۱۳۸۶ــ ۱۳۸۷ با مقدار ۷۲۶ میلی‌متر است (شکل ۴). میانگین بلندمدت بارش ماهانه در ایستگاه چمخاله طی سال‌های خشک، نرمال و تر در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان بارندگی در دوره‌های ترسالی و نرمال در ماه آبان به‌ترتیب ۳۲۳/۳ و ۲۰۳/۴ میلی‌متر و در دورهٔ خشکسالی در ماه آذر برابر ۲۰۹/۶ میلی‌متر بوده است. کمترین میزان بارندگی نیز در دوره‌های ترسالی و خشکسالی در ماه مرداد به‌ترتیب ۶/۲ و ۹/۴ میلی‌متر و در دورهٔ نرمال در ماه خرداد به مقدار ۱۴/۳ میلی‌متر به دست آمد.



شکل ۳. شاخص SPI در ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله



شکل ۴. مجموع بارش سالانهٔ ایستگاه چمخاله (میلی‌متر)

جدول ۲. مقادیر میانگین ماهانه و سالانه بارندگی در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی در ایستگاه چمخاله

بارندگی (میلی متر)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خشکسالی	۱۵۸/۵	۱۰۰	۲۰۹/۶	۹۰/۶	۹۲	۵۳	۴۱/۶	۳۲/۹	۷/۴	۳۳/۵	۹/۴	۷۶	۹۰۵
نرمال	۱۸۱	۲۰۳/۴	۱۶۰/۴	۱۳۰/۹	۱۰۲/۷	۹۶/۵	۶۸/۹	۳۴/۱	۱۴/۳	۴۶/۳	۳۰/۷	۱۲۱	۱۱۹۰
ترسالی	۲۴۸/۴	۳۲۳/۳	۲۰۷/۳	۸۸/۳	۱۴۹/۱	۱۰۱/۶	۵۱/۱	۳۵/۱	۴۴/۲	۷۵/۵	۶/۲	۱۶۲/۸	۱۴۹۳

جدول ۳. مقادیر حجم رواناب سطحی و آب برگشتی از آبیاری اراضی کشاورزی در شرایط مختلف آب‌وهوایی (MCM)

حجم رواناب	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خشکسالی	۰/۱۳	–	۰/۴۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۵۴
نرمال	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۱۴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۷۷
ترسالی	۰/۶۲	۱/۰۳	۰/۴	–	۰/۰۸	–	–	–	–	–	–	۰/۱۵	۲/۲۹

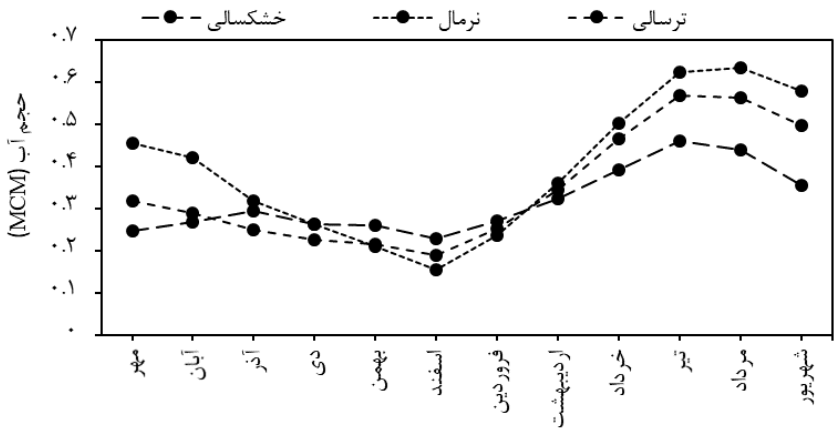
رواناب ناشی از بارندگی و زه‌آب اراضی کشاورزی روستاهای حاشیهٔ تالاب که توسط انهار و زهکش‌های اصلی و فرعی موجود به سمت تالاب هدایت می‌شوند، از عوامل تأثیرگذار بعدی در منابع آب ورودی به تالاب امیرکلایه هستند. شالیزارهای سمت غربی تالاب توسط زهکش‌های طبیعی و مصنوعی با توجه به توپوگرافی تالاب و حاشیهٔ آن به سمت تالاب زهکشی می‌شوند و آب برگشتی از آبیاری اراضی (زه‌آب کشاورزی) و رواناب ناشی از بارندگی را به تالاب تخلیه می‌کنند. رواناب ناشی از بارندگی در فصل کشت برنج صرف تبخیر- تعرق اراضی شالیزاری می‌شود، ولی در فصل‌های غیر زراعی مقداری از این رواناب در این اراضی ذخیره و باقی آن به سمت پهنهٔ آبی و بخش غربی تالاب امیرکلایه (اراضی ماندابی) هدایت می‌شود [۱۲]. نوع خاک اراضی منطقه در طبقه‌بندی هیدرولوژیکی خاک در گروه D بوده و ضریب منحنی CN از نوع اراضی تحت کشت غلات با ردیف‌های مستقیم در شرایط متوسط رطوبتی خاک برابر با ۸۸ در نظر گرفته شد. این شرایط به رطوبت خاک قبل از بارندگی بستگی دارد. مقادیر حجم رواناب سطحی در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی برحسب میلیون مترمکعب (MCM) برآورد شده است (جدول ۳).

میزان زه‌آب اراضی کشاورزی یا آب برگشتی به تالاب را می‌توان با توجه به شرایط سال آبی مورد نظر برآورد کرد. این مقدار طبق سند توسعهٔ آب استان گیلان حدود ۰ تا ۸۰ درصد میزان آب آبیاری در ماه‌های مختلف سال است. در مورد این دامنهٔ وسیع از درصد آب برگشتی می‌توان گفت که در شرایط پرآبی درصد بیشتری از آب آبیاری به صورت زه‌آب به پایین‌دست منتقل می‌شود، اما در شرایط کم‌آبی که خروجی زهکش‌ها را در پایین‌دست مزارع برای تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی می‌بندند، درصد بیشتری از آب آبیاری مصرف می‌شود. در خصوص مدیریت منابع آب تالاب درخور یادآوری است که اراضی کشاورزی محدودهٔ مورد مطالعه در انتهای شبکهٔ آبیاری زهکشی سفیدرود واقع شده و همواره با مشکل کمبود آب مواجه هستند. در عین حال، نهرهای سنتی موجود به دلیل توسعهٔ کشت برنج، برای توزیع آب کافی نیستند. آب زیرزمینی عامل مهم دیگری است که نقش بسزایی در تغذیهٔ تالاب امیرکلایه دارد. با بررسی اختلاف تراز سطح آب تالاب و سفرهٔ آب زیرزمینی می‌توان برآوردی از وضعیت تبادل جریان آب بین تالاب و آبخوان را به دست آورد. بدیهی است که در حالتی که تراز سطح آب تالاب بالاتر از تراز آب زیرزمینی قرار می‌گیرد، سفرهٔ آب زیرزمینی از تالاب تغذیه می‌شود، اما چنانچه تراز آب زیرزمینی بیشتر از تراز سطح آب تالاب باشد، تالاب از طریق آب زیرزمینی تغذیه می‌شود [۱۲]. مقایسهٔ سطح آب تالاب امیرکلایه با آبخوان‌های محدودهٔ تالاب نشان داد تراز سطح آب زیرزمینی در محدودهٔ تالاب امیرکلایه حتی در حداقل مقدار خود در ماه‌های مرداد و شهریور نیز بالاتر از تراز سطح آب تالاب قرار دارد. بر این اساس، می‌توان

نتیجه گرفت که گرادیان هیدرولیکی از سمت آب زیرزمینی به سمت تالاب مثبت است و تالاب امیرکلایه توسط آب زیرزمینی تغذیه می‌شود. از ماه اردیبهشت تا شهریور برداشت از آب تالاب به منظور تأمین آب آبیاری اراضی شالیزاری، سبب افت تراز سطح آب تالاب و بنابراین، افزایش گرادیان هیدرولیکی جریان آب زیرزمینی به سمت تالاب شده که منجر به تغذیهٔ بیشتر تالاب از آب زیرزمینی می‌شود. در جدول ۴ و شکل ۵ حجم تغذیهٔ تالاب امیرکلایه از آب زیرزمینی در سناریوهای مختلف به صورت ماهانه و سالانه نشان داده شده است. با توجه به اینکه منبع اصلی تغذیهٔ تالاب در درجهٔ اول، سفره‌های آب زیرزمینی و در درجهٔ دوم بارندگی مستقیم بر سطح تالاب است، ارزیابی صحیح منابع آب زیرزمینی و مدیریت برداشت از چاه‌های منطقه اهمیت بسزایی در حفظ حیات تالاب دارد. اگر به این امر مهم توجه شود که فصل کاشت برنج منطبق بر ماه‌های کم‌باران منطقه است، این یافته که سفرهٔ آب زیرزمینی تنها منبع قابل وثوق در تأمین آب زیست‌محیطی تالاب است، اهمیت محدودیت برداشت از چاه‌ها بر اساس برنامه‌ریزی جامع منابع آب حوضهٔ تالاب را بیش از پیش نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقادیر حجم تغذیه از آب زیرزمینی در تالاب امیرکلایه در سناریوهای مختلف (میلیون مترمکعب)

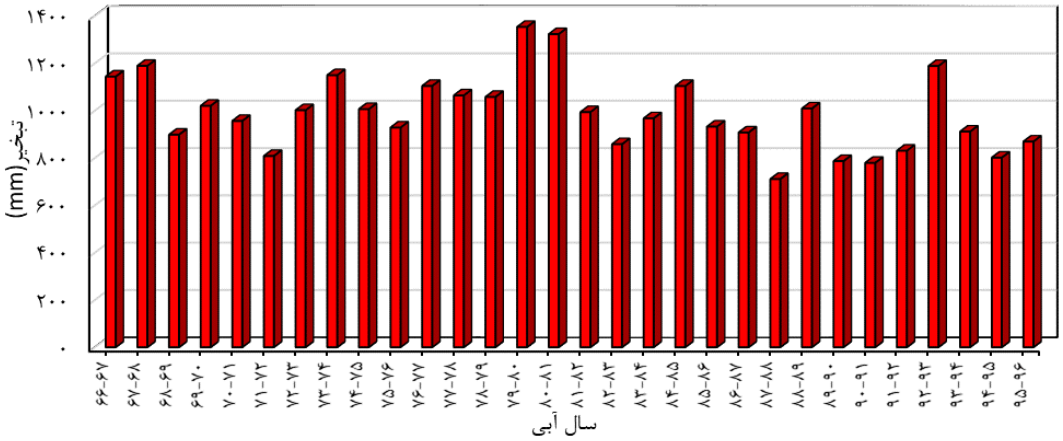
تغذیه از آب زیرزمینی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خشکسالی	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۵	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۵۸	۴/۷۷
نرمال	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵	۴/۱۹
ترسالی	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۳۶	۳/۸۲



شکل ۵. حجم تغذیهٔ تالاب امیرکلایه از آب زیرزمینی در سناریوهای مختلف

تبخیر از سطح آزاد آب در تالاب و تبخیر- تعرق گیاهان تالابی از عوامل مهم در تخلیهٔ آب تالاب امیرکلایه هستند. برای برآورد میزان تبخیر از سطح آزاد آب تالاب از ارقام مشاهداتی تشت تبخیر در ایستگاه چمخاله طی دورهٔ ۳۰ ساله استفاده شد. تغییرات مقادیر تبخیر از تشت را به صورت سالانه در ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین تبخیر سالانه در ایستگاه چمخاله در این دوره به مقدار ۱۳۵۳/۵ میلی‌متر در سال آبی ۱۳۷۹ــ ۱۳۸۰ و کمترین آن به مقدار ۷۱۰/۸ میلی‌متر در سال آبی ۱۳۷۱ــ ۱۳۷۲ است. همچنین، میانگین بلندمدت تبخیر ماهانه در ایستگاه چمخاله طی سال‌های خشک، نرمال و تر در جدول ۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار تبخیر در دوره‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی ترسالی به‌ترتیب ۱۷۸/۷، ۱۷۱/۵ و ۱۷۳/۹ میلی‌متر در ماه مرداد و کمترین مقدار تبخیر نیز در دوره‌های نرمال و خشکسالی در ماه دی به‌ترتیب ۲۷/۷ و ۲۳/۶ میلی‌متر و در دورهٔ ترسالی در ماه بهمن به مقدار ۳۳/۸ میلی‌متر به دست آمد.

همچنین، به منظور تخمین تبخیر ـ تعرق گیاهان در تالاب امیرکلایه از نشریهٔ FAO56 و اعمال ضریب گیاهی گیاهان تالابی (Kc) طی دورهٔ رشد گیاه استفاده شد. مقادیر تبخیرـ تعرق گیاه لالهٔ تالابی و نی به عنوان گیاهان غالب به‌ترتیب با مساحت حدود ۲۵ و ۳۰ هکتار در تالاب امیرکلایه در جدول ۶ ارائه شده است. با ملاحظهٔ اعداد مربوط به بارش مستقیم بر سطح تالاب و همچنین، در نظر گرفتن رواناب ورودی به آن در شش‌ماههٔ اول سال آبی، از مقادیر تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیرـ تعرق گیاهان تالابی در این دوره (شش‌ماههٔ اول سال آبی) صرف‌نظر شده است.



شکل ۶. مقادیر سالانهٔ تبخیر از تشت در ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله

جدول ۵. مقادیر میانگین ماهانه و سالانهٔ تبخیر در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی در ایستگاه چمخاله

تبخیر (میلی‌متر)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
خشکسالی	۶۵/۳	۴۲/۴	۳۸/۸	۳۹/۶	۳۳/۸	۵۲	۶۸/۶	۱۰۳/۸	۱۵۵/۳	۱۷۰	۱۷۸/۷	۱۰۷/۱	۱۰۵۵
نرمال	۶۵/۷	۴۷/۸	۳۹/۸	۲۷/۷	۲۹/۹	۳۵/۶	۵۸/۲	۹۳/۴	۱۴۶/۵	۱۵۱	۱۷۱/۵	۱۱۳/۸	۹۸۱
ترسالی	۵۹/۴	۳۹/۹	۳۱/۹	۲۳/۶	۲۸/۸	۳۳	۵۳/۴	۷۸/۵	۱۳۱	۱۵۸	۱۷۳/۹	۱۲۴/۴	۹۳۶

جدول ۶. مقادیر تبخیر-تعرق گیاهان غالب در تالاب امیرکلایه در دوره‌های رشد گیاه و طی سال آبی

نوع پوشش	پهنهٔ آبی (گل مردابی یا لالهٔ تالابی)			پهنهٔ خشکی (گیاه غالب نی)		
مراحل رشد برحسب دوره	مرحلهٔ اولیه	مرحلهٔ میانی	مرحلهٔ پایانی	مرحلهٔ اولیه	مرحلهٔ میانی	مرحلهٔ پایانی
دورهٔ رشد برحسب روز	۴۵	۹۰	۳۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۵
ضریب گیاهی	۱/۰۵	۱/۱	۱/۱	۱	۱/۲	۱
تبخیر- تعرق (میلی‌متر بر روز)	۴۸	۹۹	۳۳	۲۶۹	۲۸۰	۳۴
حجم تبخیر (میلیون مترمکعب)	شش‌ماههٔ اول سال آبی			۰/۰۴		
	شش‌ماههٔ دوم سال آبی			۰/۲۶		

۳. ۳. تنظیم معادلهٔ بیلان آب تالاب امیرکلایه در سناریوهای مختلف خشکسالی، نرمال و ترسالی

اجزای معادلهٔ بیلان بیشتر تشکیل یک معادلهٔ پویا را می‌دهد که چگونگی محاسبهٔ آن‌ها با افزایش دقت مورد تقاضا و نیز تغییر دورهٔ زمانی، تغییر یافته و مستلزم ارائهٔ راه‌کارهای عملی برای محاسبهٔ آن‌ها است. بنابراین، بیلان آب ممکن است برای هر دورهٔ زمانی محاسبه شود، ولی به طور کلی غالباً تنها بین بیلان متوسط و بیلان برای

دوره‌های زمانی مشخص (برای انتقال یک سال، فصل یا ماه یا تعدادی از روزها) تمایزی قایل می‌شود. در نتیجه، می‌توان پذیرفت که بیلان آب عموماً برای یک سیکل سالانه (سال تقویمی یا سال هیدرولوژیکی) محاسبه می‌شود. محاسبهٔ بیلان متوسط سالانهٔ آب، ساده‌ترین مسئله بیلان آب است، چون می‌توان از برخی از تغییرات ذخیرهٔ آب در حوضه، که اندازه‌گیری و محاسبهٔ آن دشوار است، صرف‌نظر کرد. با این توضیح، اجزای معادلات بیلان منابع آب تالاب امیرکلایه و مجموع حجم آب ورودی به تالاب و خروجی از آن در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی در سال آبی ۱۳۹۸ در جدول‌های ۷ـ ۹ ارائه شده است. بارندگی به عنوان مؤثرترین عامل تعیین‌کنندهٔ حجم آب ورودی به تالاب امیرکلایه در شش‌ماههٔ اول سال آبی است. همچنین، حجم آب خروجی از تالاب در این دوره غالباً (به‌جز شرایط خشکسالی) تحت تأثیر خروج آب از روی سرریز یا بازگشایی دریچه‌های خروجی تالاب است. حجم آب ورودی به تالاب در شش‌ماههٔ دوم سال آبی بیشتر تحت تأثیر آب برگشتی و زه‌آب کشاورزی است. همچنین، در این دوره پمپاژ آب برای مصارف کشاورزی عامل تعیین‌کنندهٔ مقدار حجم آب خروجی از تالاب است. بنابراین، نتیجه می‌شود که تالاب در شش‌ماههٔ اول توسط بارندگی مستقیم و رواناب سطحی تغذیه شده و در شش‌ماههٔ دوم این مقدار آب ذخیره‌شده برای مصارف کشاورزی پمپاژ می‌شود.

جدول ۷. اجزای معادلهٔ بیلان و حجم آب ورودی و خروجی به تالاب در سناریوی خشکسالی برحسب میلیون مترمکعب

	سناریوی خشکسالی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
منابع ورودی	بارش مستقیم	۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۹۶	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۳۵	۴/۱۶
	رواناب ناشی از بارش	۰/۱۳	–	۰/۴۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۵۴
	آب برگشتی از آبیاری	–	–	–	–	–	–	۰/۴۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸	۰/۰۹	–	۲/۹۸
	تغذیه از آب زیرزمینی	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۵	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۵۸	۴/۷۷
	مجموع	۱/۳۲	۰/۹۷	۱/۶۹	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۴	۰/۸۷	۱/۳۴	۱/۳۷	۱/۵۷	۰/۷۶	۰/۹۳	۱۲/۴۵
منابع خروجی	تبخیر از سطح آب	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۴	۳
	تبخیر- تعرق گیاهان تالابی	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۴۹
	مصرف کشاورزی (پمپاژ)	–	–	–	–	–	–	۱/۳۶	۰/۵۵	۲/۵۵	۲/۴۶	۰/۲۷	–	۹/۲
	خروجی از سرریز و دریچه	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	مجموع	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۵۶	۲/۸۵	۳/۰۴	۳/۰۵	۰/۸۸	۰/۴۶	۱۲/۶۹
	بیلان	۱/۰۹	۰/۸۳	۱/۵۷	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۲۴	-۰/۶۹	-۱/۵۱	-۱/۶۸	-۱/۴۷	-۰/۱۲	۰/۴۷	-۰/۲۴

جدول ۸. اجزای معادلهٔ بیلان و حجم آب ورودی و خروجی به تالاب در سناریوی نرمال برحسب میلیون مترمکعب

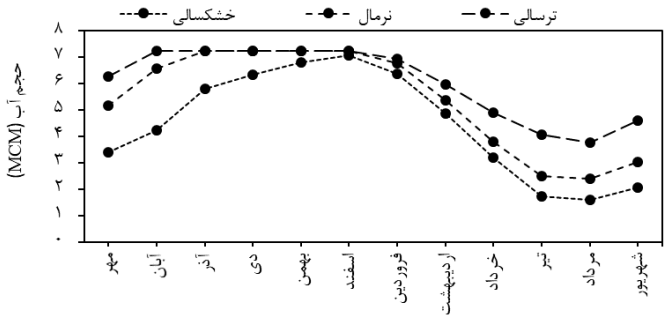
	سناریوی نرمال	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
منابع ورودی	بارش مستقیم	۰/۸۳	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۶	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۵۶	۵/۴۸
	رواناب ناشی از بارش	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۱۴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۷۷
	آب برگشتی از آبیاری	–	–	–	–	–	–	۰/۴۹	۱/۴۷	۱/۴۷	۱/۴۲	۰/۱۶	–	۵/۳۱
	تغذیهٔ از آب زیرزمینی	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵	۴/۱۹
	مجموع	۱/۴	۱/۶	۱/۱۳	۰/۸۳	۰/۶۹	۰/۶۳	۱/۳۶	۱/۹۸	۲/۰۱	۲/۲	۰/۸۶	۱/۰۵	۱۵/۷۴
منابع خروجی	تبخیر از سطح آب	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۳	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۳۶	۳/۱۴
	تبخیر- تعرق گیاهان تالابی	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۵۲
	مصرف کشاورزی (پمپاژ)	–	–	–	–	–	–	۱/۶۲	۳/۰۳	۳/۰۳	۲/۹۲	۰/۳۲	–	۱۰/۹۳
	خروجی از سرریز و دریچه	–	–	۰/۳۱	۰/۷۳	۰/۵۸	۰/۵	–	–	–	–	–	–	۲/۱۲
	مجموع	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۴۶	۰/۸۳	۰/۶۹	۰/۶۳	۱/۸۴	۳/۳۸	۳/۵۸	۳/۴۸	۰/۹۶	۰/۴۲	۱۶/۷
	بیلان	۱/۱۶	۱/۴۲	۰/۶۷	–	–	–	-۰/۴۸	-۱/۴۱	-۱/۵۷	-۱/۲۸	-۰/۱	۰/۶۳	-۰/۹۶

جدول ۹. اجزای معادلهٔ بیلان و حجم آب ورودی و خروجی به تالاب در سناریوی ترسالی برحسب میلیون مترمکعب

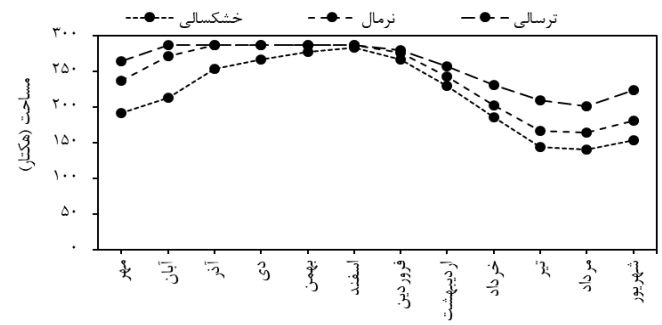
	سناریوی ترسالی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
منابع ورودی	بارش مستقیم	۱/۱۴	۱/۴۹	۰/۹۵	۰/۴۱	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۲	۰/۳۵	۰/۰۳	۰/۷۵	۶/۸۷
	رواناب ناشی از بارش	۰/۶۲	۱/۰۳	۰/۴	–	۰/۰۸	–	–	–	–	–	–	۰/۱۵	۲/۲۹
	آب برگشتی از آبیاری	–	–	–	–	–	–	۱/۰۵	۱/۹۷	۱/۹۷	۱/۸۹	۰/۲۱	–	۷/۰۸
	تغذیه از آب زیرزمینی	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۳۶	۳/۸۲
	مجموع	۲/۰۱	۲/۷۹	۱/۶۵	۰/۶۷	۱/۰۳	۰/۷	۱/۵۶	۲/۴۵	۲/۵۶	۲/۷	۰/۶۸	۱/۲۶	۲۰/۰۵
منابع خروجی	تبخیر از سطح آب	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۳۴	۳/۳۸
	تبخیر-تعرق گیاهان تالابی	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۵۶
	مصرف کشاورزی (پمپاژ)	–	–	–	–	–	–	۱/۶۵	۳/۰۳	۳/۰۳	۲/۹۲	۰/۳۲	–	۱۰/۹۳
	خروجی از سرریز و دریچه	–	۱/۶۵	۱/۵	۰/۵۲	۰/۹	۰/۵	–	–	–	–	–	–	۵/۰۸
	مجموع	۰/۲۴	۱/۸۱	۱/۶۵	۰/۶۷	۱/۰۳	۰/۷	۱/۸۷	۳/۴۲	۳/۶۱	۳/۵۵	۰/۹۹	۰/۴	۱۹/۹۳
	بیلان	۱/۷۷	۰/۹۸	–	–	–	–	-۰/۳۲	-۰/۹۷	-۱/۰۵	-۰/۸۵	-۰/۳۱	۰/۸۶	۰/۱۱

۳. ۴. محاسبهٔ مقادیر کمبود آب تالاب امیرکلایه برای تأمین نیاز آبی تالاب در سناریوهای هدف‌گذاری‌شده

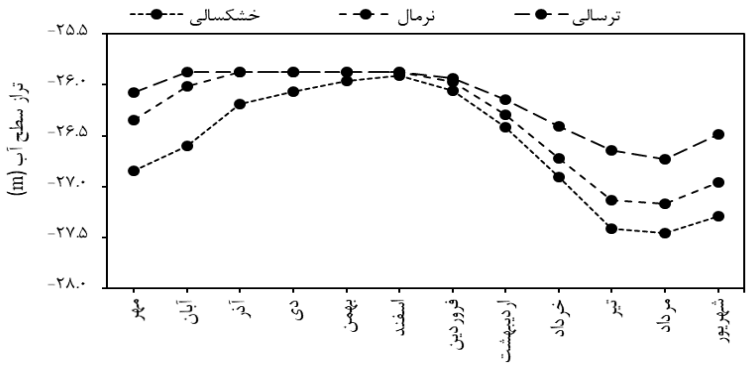
حجم تالاب امیرکلایه با توجه به معادلهٔ بیلان در هر یک از سناریوها در شکل ۷ نشان داده شده است. مقادیر تراز سطح آب و مساحت تالاب با استفاده از منحنی سطح حجم ارتفاع تالاب امیرکلایه مطابق مطالعهٔ مدبری و شکوهی (۱۳۹۹) به دست آمد [۱۲]. مقادیر تراز سطح آب و مساحت تالاب در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است. مقادیر تراز، مساحت و حجم آب تالاب در ماه‌های تیر و مرداد به دلیل برداشت آب برای مصارف کشاورزی به کمترین مقدار خود رسیده است. تراز سطح آب به منظور جلوگیری از شکستن بازوهای اراضی شالیزاری و آب‌گرفتگی آن‌ها در ماه‌های آبان تا اسفند، با بازگشایی دریچه‌ها و یا سرریز آب از روی سازهٔ کنترل خروجی کنترل می‌شود.



شکل ۷. نمودار حجم آب تالاب امیرکلایه در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی

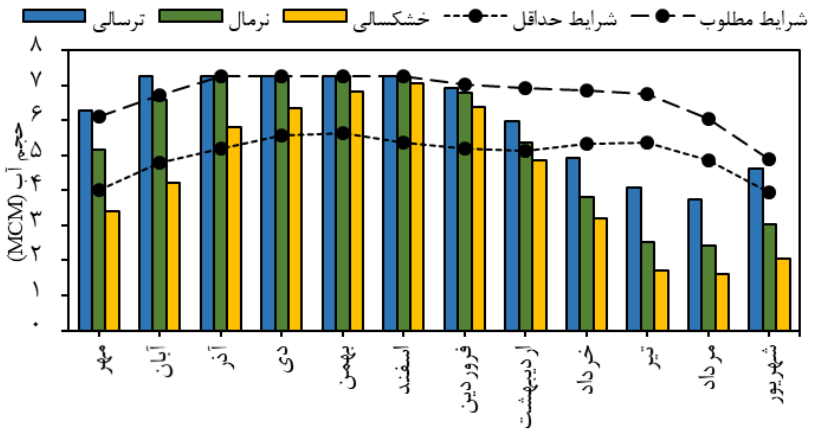


شکل ۸. نمودار مساحت پهنهٔ آبی تالاب امیرکلایه در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی



شکل ۹. تراز سطح آب تالاب امیرکلایه در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی

با توجه به بیلان آب تالاب امیرکلایه و منابع آب در دسترس در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی می‌توان یکی از شرایط اکولوژیکی مورد نظر را برای تأمین نیاز آبی تالاب در نظر گرفت. بدیهی است که در شرایط خشکسالی تأمین نیاز آبی تالاب برای رسیدن به شرایط اکولوژیکی مطلوب به دلیل کمبود منابع آب با چالش‌هایی روبه‌رو خواهد شد. بنابراین، می‌توان گفت که در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و ترسالی باید نیاز آبی تالاب را با توجه شرایط اکولوژیکی متناسب با آن سناریو تأمین کرد که با مطالعات کریمی و مدبری (۱۴۰۰) مطابقت دارد [۱۱]. به بیان دیگر، رسیدن به شرایط اکولوژیکی مطلوب در سناریوی خشکسالی، ممکن است هدفی بلندپروازانه باشد و می‌توان شرایط اکولوژیکی حداقل را تأمین کرد. وضعیت تالاب در سناریوهای مختلف نسبت به شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب که در مطالعات قبلی برآورد شده‌اند [۱۲]، در شکل ۱۰ مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد حجم آب تالاب در سناریوهای مختلف طی سال آبی در محدودهٔ بین شرایط حداقل و مطلوب تغییر می‌کند و حتی در برخی از ماه‌ها حجم آب تالاب به کمتر از شرایط حداقل نیز می‌رسد. همچنین، نتایج نشان داد شرایط تالاب امیرکلایه در تابستان با سایر فصل‌های متفاوت است و حتی در شرایط ترسالی نیز در برخی ماه‌ها نیاز آبی حداقل تالاب تأمین نمی‌شود. میزان کمبود آب تالاب امیرکلایه برای تأمین نیاز آبی هر یک از سناریوهای اقلیمی به صورت ماهانه طبق جدول ۱۰ محاسبه شدند. در شرایط خشکسالی با تأمین حدود ۰/۶۲ میلیون مترمکعب کمبود آب در اولین ماه سال آبی، نیاز آبی برای شرایط اکولوژیکی حداقل تأمین خواهد شد و به تبع آن، کمبود آب در ماه آبان نیز تأمین می‌شود، اما در شش‌ماههٔ دوم سال آبی اگر به اندازهٔ کمبود آب در بحرانی‌ترین ماه، آب مازاد به تالاب اختصاص یابد، شرایط اکولوژی حداقل در شش‌ماههٔ دوم نیز تأمین خواهد شد، زیرا جبران کمبود آب بحرانی‌ترین ماه، شرایط اکولوژیکی مورد نظر در سایر ماه‌ها را تضمین خواهد کرد. در شرایط نرمال و ترسالی در شش‌ماههٔ اول کمبودی وجود ندارد، اما در شش‌ماههٔ دوم در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی به‌ترتیب به مقدار ۳/۶۵، ۳/۵۴ و ۲/۶۸ میلیون مترمکعب در ماه تیر به عنوان بحرانی‌ترین ماه، تالاب با کمبود آب مواجه است. بنابراین، تأمین مقادیر کمبود آب در بحرانی‌ترین ماه در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی موجب رسیدن تالاب به شرایط اکولوژیکی حداقل، قابل قبول و مطلوب خواهد شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اهمیت حفظ شرایط اکولوژیکی تالاب در شش‌ماههٔ دوم به دلیل شروع فصل کشاورزی و برداشت بی‌رویهٔ آب از تالاب و حتی مناقشات اجتماعی ذی‌نفعان حاشیهٔ تالاب کاملاً ملموس است. به نظر می‌رسد با ادامهٔ این روند و عدم مدیریت مناسب در آینده‌ای نزدیک شاهد آسیب‌های جبران‌ناپذیری به تالاب امیرکلایه به‌خصوص در فصل تابستان خواهیم بود.



شکل ۱۰. حجم آب تالاب در سناریوی‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی در مقایسه با شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب

جدول ۱۰. میزان کمبود آب تالاب امیرکلایه برای تأمین نیاز آبی سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی به صورت ماهانه (میلیون مترمکعب)

سناریو	شرایط اکولوژیکی قابل حصول	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
خشکسالی	حداقل	۰/۶۲	۰/۵۷	–	–	–	–	–	–	۲/۱۳	۳/۶۵	۳/۲۷	۱/۸۷
نرمال	قابل قبول	–	–	–	–	–	–	–	۰/۶۶	۲/۲۹	۳/۵۴	۳/۰۵	۱/۳۷
ترسالی	مطلوب	–	–	–	–	–	–	–	۰/۹۵	۱/۹۳	۲/۶۸	۲/۳	۰/۲۸

۳. ۵. ارائهٔ راهکارهایی به منظور مدیریت مناسب تخصیص آب در حوضهٔ آبریز تالاب امیرکلایه

راه‌های مقابله با تنش‌ها و رسیدن به شرایط مطلوب این است که قابلیت ذخیرهٔ آب در تالاب افزایش یابد و یا منابع آب جدید به منظور افزایش جریان ورودی به تالاب ایجاد شود. در شش‌ماههٔ دوم سال آبی به دلیل شروع فصل کشت برنج و با توجه به موقعیت منطقه در انتهای شبکهٔ آبیاری، اراضی کشاورزی همواره با کمبود آب مواجه است. بنابراین، در شش‌ماههٔ دوم نمی‌توان روی نهر سید علی اکبری برای تأمین نیاز آبی تالاب امیرکلایه برنامه‌ریزی کرد، اما در صورت نیاز می‌توان در شش‌ماههٔ اول با توجه به آب قابل برداشت این نهر آب مورد نیاز تالاب را تأمین کرد. اگر فرض شود در شرایط خشکسالی (بحرانی‌ترین حالت) حجم آبدهی نهر سید علی اکبری در شش‌ماههٔ اول سال آبی حدود ۹۰ درصد کاهش یابد، حجم آبدهی این نهر در محل سد لاستیکی دهنه سر در شش‌ماههٔ اول سال آبی حدود ۵/۴۷ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود. حال اگر ۱۵ درصد از آبدهی این نهر به نیاز آبی زیست‌محیطی پایین‌دست سد لاستیکی اختصاص داده شود، آن‌گاه حجم قابل برداشت در شش‌ماههٔ اول سال آبی حدود ۴/۶۵ میلیون مترمکعب به دست می‌آید. حجم آب قابل برداشت از نهر سید علی اکبری در جدول ۱۱ محاسبه شده است. مقدار آب مورد نیاز را می‌توان از طریق نهرهای کشاورزی منشعب از نهر سید علی اکبری در غرب تالاب تأمین کرد. دبی جریان قابل برداشت از این نهر به صورت میانگین ماهانه طی سال آبی در جدول ۱۲ آورده شده است.

نتیجهٔ بررسی مشکلات تالاب و اراضی کشاورزی در حاشیهٔ آن نشان داد می‌توان علاوه بر تعیین منابع آب ورودی جدید به تالاب، راهکارهای مدیریتی دیگری برای صرفه‌جویی و کاهش برداشت آب از تالاب اتخاذ کرد. با افزایش ارتفاع بازوهای خاکی حاشیهٔ تالاب به مقدار ۰/۵ متر، علاوه بر افزایش ۱/۵ میلیون مترمکعبی ظرفیت مخزن تالاب می‌توان از خروج آب از طریق سرریز و دریچه‌های موجود در شش‌ماههٔ اول جلوگیری کرد. بر اساس اطلاعات موجود، حدود ۱۵۰ دستگاه موتورپمپ شخصی غیرمجاز از آب تالاب برای آبیاری اراضی شالیزاری (حدود ۱۵۰ هکتار) برداشت

می‌کنند که با برچیدن آن‌ها حدود ۱/۴۲ میلیون مترمکعب برداشت آب از تالاب کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج بخش کاربری اراضی، حدود ۲۱۲ هکتار از محدودهٔ بستر تالاب تحت تصرف قرار گرفته و به اراضی شالیزاری تبدیل شده‌اند که آب مورد نیاز خود را از آب تالاب تأمین می‌کنند. بر اساس نیاز آبی برنج با رفع تصرف این اراضی می‌توان حدود ۲/۰۱ میلیون مترمکعب برداشت آب از تالاب را کاهش داد. بهسازی کانال‌های آبیاری، تعمیر و نوسازی ایستگاه‌های پمپاژ و صرفه‌جویی در مصارف کشاورزی به منظور افزایش راندمان و جلوگیری از هدررفت آب از دیگر راهکارهای مدیریتی هستند، به طوری که اگر حداقل ۵ درصد برداشت آب از تالاب کاهش یابد، حدود ۰/۵۵ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. مقادیر حجم آب قابل تأمین از طریق هر یک از راهکارهای مدیریتی در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۱. محاسبهٔ حجم آب قابل برداشت از نهر سید علی اکبری در شش‌ماههٔ اول سال آبی

آبدهی در محل سد لاستیکی در شش‌ماههٔ اول سال آبی	حجم آب (میلیون متر مکعب)
میانگین بلندمدت	۵۴/۷
شرایط خشکسالی (۱۰ درصد میانگین بلمدمدت)	۵/۴۷
نیاز زیست محیطی پایین‌دست سد (روش مونتانا ۱۵ درصد آبدهی)	-۰/۸۲
نیاز کشاورزی پایین‌دست سد	-
مقدار قابل برداشت	۴/۶۵

جدول ۱۲. دبی جریان قابل برداشت از نهر سید علی اکبری در شش‌ماههٔ اول سال آبی (مترمکعب در ثانیه)

دبی قابل برداشت برحسب مترمکعب برثانیه											
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۹	-	-	-	-	-	-

جدول ۱۳. مقادیر حجم آب قابل تأمین از طریق راهکارهای مدیریتی

ردیف	راهکار مدیریتی	حجم آب (میلیون متر مکعب)
۱	صرفه‌جویی در مصرف کشاورزی از طریق افزایش راندمان و نظارت بر برداشت حدود ۵ درصد	۰/۵۵
۲	افزایش ارتفاع بازوها به مقدار ۰/۵ متر	۱/۵
۳	برداشت آب از نهر سید علی اکبری در شش‌ماههٔ اول سال آبی	۴/۷
۴	برچیدن پمپ های غیر مجاز (حدود ۱۵۰ دستگاه)	۱/۴۲
۵	رفع تصرف اراضی شالیزاری در بستر تالاب (حدود ۲۱۲ هکتار)	۲/۰۱

حال با توجه به کمبود آب در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی می‌توان مطابق با جدول ۱۴ حجم آب مورد نیاز تالاب را از طریق راهکارهای مدیریتی و استفاده از نهر سید علی اکبری به عنوان منبع جدید تأمین کرد. رفع تصرف اراضی شالیزاری موجود در محدودهٔ بستر تالاب و برچیدن پمپ‌های غیرمجاز به دلیل وابستگی معیشت جوامع محلی به کشاورزی ممکن است باعث ایجاد چالش‌های اقتصادی و اجتماعی شود و اجرای آن‌ها مستلزم ایجاد هماهنگی بین بخشی سازمان‌ها و برنامه‌ریزی مناسب طی یک بازهٔ زمانی معین است. بنابراین، اولویت اول اجرای راهکارهای مدیریتی شمارهٔ ۱، ۲ و ۳ است (جدول ۱۳). در شرایط خشکسالی حداکثر ۳/۶۵ میلیون مترمکعب کمبود آب وجود دارد که می‌توان آن را از طریق اجرای راهکارهای مدیریتی شمارهٔ ۱، ۲ و ۳ تأمین کرد (جدول ۱۳)، به طوری که آب مورد نیاز با افزایش ظرفیت مخزن و آبگیری از نهر سید علی اکبری در فصل‌های پاییز و زمستان، در شش‌ماههٔ دوم سال آبی تأمین می‌شود. در شرایط نرمال و ترسالی نیز به منظور تأمین ۳/۵۴ و ۲/۶۸ میلیون مترمکعب کمبود آب، با اجرای راهکار شمارهٔ ۲ (جدول ۱۳) می‌توان به‌ترتیب از

۲/۱۲ و ۵/۰۸ میلیون مترمکعب آب که در فصل زمستان از تالاب خارج می‌شود، مقدار ۱/۵ میلیون مترمکعب آن را ذخیره کرد و از طریق راهکار شمارهٔ ۱ (جدول ۱۳)، حدود ۰/۵۵ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و باقی آب مورد نیاز را می‌توان از طریق اجرای راهکارهای شمارهٔ ۴ و ۵ (جدول ۱۳) تأمین کرد.

جدول ۱۴. مقادیر حجم تأمین آب و منابع آن در سناریوهای خشکسالی، نرمال و ترسالی

سناریو	شرایط اکولوژیکی قابل حصول	دورهٔ زمانی سال آبی	کمبود حجم آب (میلیون مترمکعب)	منابع قابل استفاده
خشکسالی	حداقل	شش‌ماهه اول سال آبی شش‌ماههٔ دوم سال آبی	۰/۶۲ ۳/۶۵	اجرای راهکارهای مدیریتی ۱، ۲ و ۳
نرمال	قابل قبول	شش‌ماههٔ اول سال آبی شش‌ماههٔ دوم سال آبی	- ۳/۵۴	اجرای راهکارهای مدیریتی ۱، ۲، ۴ و ۵
ترسالی	مطلوب	شش‌ماههٔ اول سال آبی شش‌ماههٔ دوم سال آبی	- ۲/۶۸	اجرای راهکارهای مدیریتی ۱، ۲، ۴ و ۵

در نهایت، می‌توان گفت که با اعمال مدیریت صحیح و یکپارچهٔ منابع آب در حوضهٔ تالاب امیرکلایه و مدیریت صحیح مؤلفه‌های ورودی و خروجی در معادلهٔ بیلان تالاب، می‌توان تا حد امکان حجم آب تالاب امیرکلایه را به مقداری رساند که بهره‌وری بهینهٔ اقتصادی از کارکردها و خدمات تالاب با در نظر گرفتن تمامی ذی‌نفعان صورت پذیرد. بیلان آبی تالاب امیرکلایه نشان داد احجام محاسبه‌شده برای شرایط حداقل، قابل قبول و مطلوب اکولوژیکی عملیاتی و قابل دستیابی در همین شرایط کنونی است. احجام پیشنهادی قابلیت استفاده به عنوان مبانی پایه برای توسعهٔ سند راهبردی و مدیریتی تالاب امیرکلایه را دارند. این مطالعه نشان داد استفاده از تفکر مبتنی بر مدیریت یکپارچه و یا به بیان دیگر، جامع‌نگر می‌تواند راه تعاملات بین سازمانی را از یک طرف و دولت و بهره‌برداران را از طرف دیگر چنان تأمین کند که با تأمین منافع همهٔ ذی‌نفعان به توسعهٔ پایدار منطقه‌ای دست یابد.

۴. نتیجه‌گیری

تالاب امیرکلایه یکی از سه تالاب بین‌المللی استان گیلان است که به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد زیستگاهی و حضور و تنوع زیاد پرندگان مهاجر زمستان‌گذران به عنوان یک زیستگاه امن توسط کنوانسیون رامسر ثبت بین‌المللی شده و تحت حفاظت و مدیریت سازمان محیط زیست قرار دارد. همچنین، به لحاظ حفاظتی از بین چهار طبقهٔ تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست، به عنوان پناهگاه حیات وحش، معرفی شده است. درخور یادآوری است که هیچ رودخانه‌ای به این تالاب نمی‌ریزد و فقط رودخانه یا نهر سید علی اکبری از سمت غربی آن عبور می‌کند و نیاز آبی اراضی زراعی مناطق اطراف از آب این رودخانه تأمین می‌شود. البته زه‌آب قسمتی از اراضی زراعی برخی از آبادی‌های حاشیهٔ تالاب به داخل تالاب هدایت می‌شود. به منظور حفظ چنین اکوسیستم‌های حساس با توجه به ارزش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی‌ـ اجتماعی آن‌ها و همچنین، توجه به نقش کلیدی آب در کارکردهای وابسته به اکوسیستم‌های آبی، تعیین مقدار آب مورد نیاز برای تالاب‌ها ضروری است. بنابراین، نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه بر اساس سه سناریوی خشکسالی، نرمال و ترسالی برای حفظ شرایط حداقل، قابل قبول و مطلوب برای ذی‌نفعان و همچنین، میزان کمبود آب برای تأمین نیاز آبی تالاب در سناریوهای مختلف در مطالعات قبلی تعیین شد. با توجه به بیلان آب تالاب امیرکلایه و منابع آب قابل دسترس در شرایط خشکسالی، نرمال و ترسالی، می‌توان یکی از شرایط اکولوژیکی مورد نظر را جهت تأمین نیاز آبی تالاب در نظر گرفت. بدیهی است که در شرایط خشکسالی تأمین نیاز آبی تالاب برای رسیدن به شرایط اکولوژیکی مطلوب به دلیل کمبود منابع آب با چالش‌هایی روبه‌رو خواهد شد. بنابراین، می‌توان گفت که در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و ترسالی باید نیاز آبی تالاب را با توجه به شرایط اکولوژیکی متناسب با آن سناریو تأمین کرد. به این‌ترتیب، میزان کمبود آب تالاب امیرکلایه برای تأمین نیاز

آبی هر یک از سناریوهای اقلیمی به صورت ماهانه و سالانه به تفکیک شش‌ماههٔ اول و دوم محاسبه شدند. در شرایط خشکسالی برای تأمین نیاز آبی به منظور دستیابی به شرایط اکولوژیکی حداقل، در شش‌ماههٔ اول حدود ۰/۶۲ میلیون مترمکعب و در شش‌ماههٔ دوم حدود ۳/۶۵ میلیون مترمکعب کمبود آب وجود خواهد داشت. در شرایط نرمال و ترسالی در شش‌ماههٔ اول کمبودی وجود ندارد، اما در شش‌ماههٔ دوم تالاب به‌ترتیب با ۳/۵۴ و ۲/۶۸ میلیون مترمکعب کمبود آب مواجه می‌شود. بنابراین، اهمیت تالاب و شرایط اکولوژیکی آن در شش‌ماههٔ دوم به دلیل وجود اراضی کشاورزی و برداشت بی‌رویه آب از تالاب کاملاً ملموس است. حال با توجه به کمبود آب در سناریوهای مختلف، می‌توان حجم آب مورد نیاز تالاب را از طریق راهکارهای مدیریتی ارائه‌شده تأمین کرد. با بررسی میزان آبدهی نهر سید علی اکبری مشخص شد که تنها در شش‌ماههٔ اول سال آبی می‌توان از آن در تأمین آب تالاب استفاده کرد. حجم آب قابل برداشت از این نهر با در نظر گرفتن شرایط کم‌آبی و نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست نهر، حدود ۴/۷ میلیون مترمکعب برآورد شد. با توجه به وابستگی معیشت جوامع محلی حاشیهٔ تالاب به کشاورزی، اجرای راهکارهای مدیریتی همچون رفع تصرف اراضی شالیزاری موجود در محدودهٔ بستر تالاب و برچیدن پمپ‌های غیرمجاز ممکن است باعث ایجاد چالش‌های اقتصادی و اجتماعی شود و اجرای آن‌ها مستلزم برنامه‌ریزی مناسب و جامع طی یک بازهٔ زمانی معین است که این مفهوم با مطالعات مدبری و شکوهی (۱۳۹۹) مطابقت دارد [۲۴]. بنابراین، اولویت اول اجرای راهکارهای مدیریتی مربوط به افزایش راندمان، افزایش ظرفیت مخزن تالاب و تأمین آب در شش‌ماههٔ اول سال آبی از نهر سید علی اکبری است. کمبود آب در شرایط خشکسالی را می‌توان از طریق اجرای راهکارهای یادشده تأمین کرد، به طوری که با افزایش ظرفیت مخزن و آبگیری از نهر سید علی اکبری در فصل‌های پاییز و زمستان، آب مورد نیاز در شش‌ماههٔ دوم سال آبی تأمین می‌شود. در شرایط نرمال و ترسالی نیز به منظور تأمین کمبود آب، با افزایش ظرفیت ذخیرهٔ مخزن تالاب می‌توان به‌ترتیب از ۲/۱۲ و ۵/۰۸ میلیون مترمکعب آبی که در فصل زمستان از تالاب خارج می‌شود، مقدار ۱/۵ میلیون مترمکعب آن را ذخیره کرد که این مورد با نتایج پژوهش فولادی و همکاران (۱۳۹۹) یکسان است [۲۵]. همچنین، با افزایش راندمان کاربرد آب می‌توان حدود ۰/۵۵ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد که این مورد نیز با مطالعات ایوانگا و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد [۱]. باقی آب مورد نیاز را نیز می‌توان از طریق اجرای گام‌به‌گام و تدریجی رفع تصرف اراضی کشاورزی موجود در بستر تالاب و برچیدن پمپ‌های غیرمجاز در قالب برنامهٔ جامع مدیریتی تأمین کرد.

منابع

[1]. Iwanaga T, Partington D, Ticehurst J, Croke B. F. W, Jakeman A. J. A socio-environmental model for exploring sustainable water management futures: Participatory and collaborative modelling in the Lower Campaspe catchment. Journal of Hydrology. Regional Studies. 2020;28:(100669).

[2]. Ramsar Sheet. Water allocation and management. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, vol. 10. Ramsar convention secretariat, Gland, Switzerland. 2012. www.Ramsar.org.

[3]. Gibbs MS, Clarke K, Taylor B. Linking spatial inundation indicators andhydrological modelling to improve assessment of inundation extent. Ecological Indicators. 2016; 60: 1298-1308.

[4]. Conservation of Iranian Wetlands Project. Guide and Stylebook to Calculate a Wetlands Water Requirements. Golden Publication; 2013. [Persian]

[5]. Modaberi H, Shokoohi, A. Determining Anzali Wetland Environmental Water Requirement Using Eco-Hydrologic Methods. Iran-Water Resources Research. 2019;15(3):91-104. [Persian]

[6]. Modaberi H, Shokoohi A. Evaluating the Effects of Reducing Environmental Water Requirement of Anzali Wetland on its Ecological Services in an IWRM Framework. Journal of Ecohydrology. 2020;7(2):481-496. [Persian]

[7]. Jorda-capdevila D, Rodriguez-Labajos B. Bardina M. An integrative modelling approach for linking environmental flow management, ecosystem service provision and inter-stakeholder conflict. Journal of Environmental Modelling and Software. 2016;79:22-34.

[8]. Jonch Clausen T. Integrated Water Resource Management and Water Efficiency Plans by 2005. Why, What and How? TAC Background Paper No. 10. Global Water Partnership, Stockholm. 2004.

[9]. Christopher J. C, Bond C. J, and Xiqin W. An Asset-based, Holistic, Environmental Flows Assessment Approach'. International journal of water resources development. 2009;301-330.

[10]. Modaberi H, Shokoohi A. Determining Water requirement of Anzali Wetland based on Eco-Tourism Indices within the Framework of IWRM. Iranian Journal of Soil and Water Research (IJSWR). 2020;51(10):2501-2517. [Persian]

[11]. Karimi M, Modaberi H. Determining the environmental water requirement of Boujagh wetland and providing appropriate solutions to supply it in different climatic conditions. Journal of Wetland Ecobiology. Islamic Azad University, Ahvaz branch. 2014;6(2):55-66. [Persian]

[12]. Modaberi H, Shokoohi A. Determining the Environmental Water Needs of Amirkalayeh Wetland Based on a Holistic Approach Regarding Contradiction between the Water Use for Agriculture and Wetland Conservation. Iran-Water Resources Research. 2019;16(3):284-307. [Persian]

[13]. Vinten A, Kuhfussa L, Shortalla O, Stockana J, Ibiyemi A, Pohlea I, Gabriel M, Gunn I, May L. Water for all: Towards an integrated approach to wetland conservation and flood risk reduction in a lowland catchment in Scotland. Journal of Environmental Management. 2019;246:881-896.

[14]. Meng B, Liu J, Bao K, Sun B. Water fluxes of Nenjiang River Basin with ecological network analysis: Conflict and coordination between agricultural development and wetland restoration. Journal of Cleaner Production. 2019;213:933-943.

[15]. Ashoori A, Abdoos A. Important wetland habitats for the waterbirds of Gilan, Iran. Katibeh Gilan; 2013. [Persian]

[16]. Modabberi H, Shokoohi A. Determining Anzali Wetland Environmental Water Requirement Using Eco-Hydrologic Methods. Iran-Water Resources Research. 2019;15(3):91-104. [Persian]

[17]. Adeli M, Mohammadi Z. Calibration and Evaluation of SCS Method for Estimating Flood Runoff in Pasekohak Watershed. Journal of Irrigation Sciences and Engineering. 2019;42(3):1-15. [Persian]

[18]. Regional Water Company of Iran. Guilan Province Water Development Document Review Plan. 2017. [Persian]

[19]. Ketabchi H, Mahmoodzadeh D, Farhoudi R. Estimation of wetland-aquifer exchanges (Case Study: Kaniborazan wetland). Journal of Ecohydrology. 2018;4(3):699-709. [Persian]

[20]. Karimi M, Mohammad V. S. J, Mazaheri M. Evaluating The Hydrodynamic and Morphology of Sefidroud River Delta Using 2D Simulation and Remote Sensing Data. Journal of Oceanography. 2018;9(33):1-12. [Persian]

[21]. Sefidrood Consulting Engineers. Studies to determine the bed and boundary of Amirkalayeh wetland. 2018. [Persian]

[22]. Environmental Institute of Academic Center for Education, Culture and Research. Environmental water requirement studies of Bojagh and Amirkalayeh wetlands. 2018.

[23]. Allen R, Pereira S, Raes D, Martın M. Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO. 1998.

[24]. Modaberi H, Shokoohi A. Evaluation of the Effects of Exploitation of Sefidrood Irrigation and Drainage Network on the Life of Anzali Wetland. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2020;6(14):1939-1953. [Persian]

[25]. Foladi M, Najafabadi R. Rezai M, Moslemi H. Development of management strategies for protection and rehabilitation of Jazmourian lagoon using the VIKOR multi-criteria decision model. Iranian Journal of Geographical Research on Desert Area. 2021;8(2):107-135. [Persian]