تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال شانزدهم، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۹
Volume 16, No. 3, Fall 2020 (IR-WRR)
۲۸۲-۳۰۵

تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه براساس رویکرد جامع‌نگر با درنظرگرفتن تضاد بین استفاده از آب برای کشاورزی و حفظ تالاب

هادی مدبری[۱*] و علیرضا شکوهی[۲]

چکیده

برقراری تعادل بین نیازهای اکوسیستم‌های آبی و سایر مصارف، بخصوص کشاورزی، در یک حوضه آبریز از اصلی‌ترین دغدغه‌ها در مدیریت کلان آب در سطح ملی و بین‌المللی است. بهره‌برداری گسترده از منابع آبی جهت مصارف کشاورزی منجر به عدم تأمین حقابه‌های زیست‌محیطی، تضعیف، تخریب و ناپدید شدن اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه تالاب‌ها شده است. در این پژوهش تالاب بین‌المللی امیرکلایه به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و برای تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی آن از یک روش جامع مبتنی بر سناریوسازی استفاده گردید. مدل ارزیابی جامع‌نگر توسعه‌یافته در این تحقیق شامل بخش‌های بیوفیزیکی، اقتصادی- اجتماعی، توسعه سناریو و تلفیق است. در بخش‌های بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی ارزیابی جامعی از کلیه شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، اکولوژیکی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی انجام گرفت و در نهایت برداشت آب از تالاب برای مصارف کشاورزی به‌عنوان شاخص اقتصادی- اجتماعی و گونه‌ی جانوری شنگ به‌عنوان شاخص اکولوژیکی انتخاب شدند. در بخش توسعه سناریو، سناریوهایی به‌منظور حفظ مطلوبیت زیستگاه برای شاخص منتخب به‌صورت شرایط حداقل و مطلوب در مقایسه با شرایط وضع موجود برای ذینفعان تالاب تعیین شد. در انتها در بخش تلفیق، نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه جهت تأمین آب موردنیاز برای شاخص‌های منتخب بر اساس سناریوهای هدف‌گذاری شده در دو دوره زمانی شش‌ماهه اول و شش‌ماهه دوم سال آبی تعیین گردید. نتایج نشان داد که مقدار حجم آب زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شرایط مطلوب در شش ماهه اول و دوم سال آبی به ترتیب برابر ۷/۲۵ و ۶/۷۴ میلیون مترمکعب است. نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شرایط حداقل برای تمام سال ۵/۳۶ میلیون مترمکعب به دست آمد. بیلان آبی تالاب امیرکلایه نشان داد که احجام محاسبه شده برای شرایط حداقل و مطلوب اکولوژیکی با مدیریتی اصولی قابل‌دستیابی در همین شرایط کنونی بوده و مبنای مناسبی برای مدیریت جامع منابع آب حوضه و تالاب فراهم می‌آورند.

کلمات کلیدی: تالاب، نیاز زیست‌محیطی، رویکرد جامع، شاخص اکولوژیکی، شاخص اقتصادی- اجتماعی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۵/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۹/۳

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی رشت.
۲- استاد دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، گروه مهندسی آب، قزوین، ایران. کد پستی: ۳۴۱۴۸۹۶۸۱۸
*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

Determining the Environmental Water Needs of Amirkalayeh Wetland Based on a Holistic Approach Regarding Contradiction between the Water Use for Agriculture and for Wetland Conservation

H. Modaberi[1] and A. Shokoohi[2]*

Abstract

Balancing the needs of aquatic ecosystems with other uses in a catchment area, especially with agriculture uses, is one of the main concerns in macro-management of water resources nationally and internationally. Extensive exploitation of water resources for agricultural purposes has led to a lack of environmental water supply and weakening, destruction and disappearance of aquatic ecosystems, especially wetlands. In this study, Amirkalayeh International Wetland was selected as a case study and a comprehensive scenario-based method was used to determine its environmental water needs. The holistic model developed in this research included biophysical and socio-economic assessment, scenario development, and integration. In the biophysical and socio-economic assesment, a comprehensive evaluation of all physicochemical, ecological, biological, economic, and socio-economic indicators was performed and finally water withdrawal from the wetland for agricultural purposes was selected as the socio-economic index and the Sheng animal species as the ecological index. In the scenario development section, scenarios were determined to maintain the habitat suitability for the selected index in terms of minimum and optimum conditions in comparison to the current condition for wetland stakeholders. Finally, in the integration section, the environmental water requirement of Amirkalayeh Wetland to supply the required water for the selected indicators was determined based on the targeted scenarios in the first and second half of the water year. The results showed that the amount of environmental water volume in Amirkalayeh wetland in the first and second half of the water year in optimum condition was equal to 7.25 and 6.74 million cubic meters, respectively. Furthermore, the minimum environmental water demand of Amirkalayeh wetland for the whole water year was obtained as high as 5.36 million cubic meters. The water balance of Amirkalayeh Wetland showed that the calculated volumes for the minimum and optimum ecological conditions are achievable in the current conditions through a proper management policy and provide a good basis for the comprehensive management of water resources in the basin and wetland.

Keywords: Wetland, Environmental Water Requirement, Holistic Approach, Ecological Index, Socio-Economic Index.

Received: August 11, 2020
Accepted: November 23, 2020

1- Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Environmental Research Institute, Rasht, Iran. Email: modaberi8@gmail.com
2- Professor of Water Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

روش‌های زیادی برای تعیین مقدار جریان زیست‌محیطی توسعه یافته‌اند. این روش‌ها در ابتدا برای رودخانه‌ها و برقراری درجه‌ای معین از حفاظت اکوسیستم رودخانه‌ای و در حد تعیین جریان حداقل برای رودخانه توسعه یافتند (Tharme, 2003). بطور کلی این روش‌ها را می‌توان به چهار دسته اصلی شامل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌ساز زیستگاه و جامع‌نگر تقسیم‌بندی نمود. به‌جز روش جامع‌نگر بقیه روش‌ها بر پایه تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و تناسب فیزیکی زیستگاه برای گونه‌های مدنظر تحت دبی‌های مختلف استوار بوده (Shokoohi and Amini, 2014) و بر روی ارتباط بین رژیم رودخانه و شرایط اکوسیستم تمرکز کرده‌اند (Nickghalb et al., 2016) ولی اهمیت این جریان را برای وجود اکوسیستم و عوامل اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی و مردم به‌طور شفاف بیان نکرده‌اند. اهمیت این نکته کلیدی منجر توسعه روش‌های جامع‌نگر[1] شد.

روش‌های جامع‌نگر به‌صورت شبکه عمل می‌کنند و مدل‌های هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، شبیه‌ساز زیستگاه و حتی جوامع انسانی و اقتصاد را در خود جای می‌دهند (Arthington et al., 1998). در این روش‌ها به‌جای بهینه کردن رژیم جریان برای یک یا تعداد معدودی از موجودات، جریان به‌گونه‌ای اصلاح می‌شود که به رژیم طبیعی جریان نزدیکتر باشد (Sparks, 1992). در روش‌های جامع‌نگر، فرضی به این صورت وجود دارد که اگر چهره طبیعی رژیم هیدرولوژیکی مشخص باشد و بتوان از این شرایط در زمان‌های خاص استفاده کرد آنگاه می‌توان انتظار داشت که اکوسیستم در حد مطلوب حفظ شود (Arthington et al., 2003).

با توجه به موارد بالا می‌توان دریافت که به‌منظور درک ارتباط بین جریان‌های زیست‌محیطی و اکوسیستم‌های آبی و تأثیرات آن بر روی زندگی و معیشت مردم و تصمیم‌گیری عادلانه در تخصیص منابع آب، لازم است در روش‌های ارزیابی جریان زیست‌محیطی، ابعاد اجتماعی و اقتصادی مورد توجه قرار گیرد (Modaberi and Shokoohi, 2020). در این میان به‌منظور حفظ ارزش‌های زیست‌محیطی، درنظر گرفتن شرایط اقتصادی- اجتماعی پیرامون اکوسیستم‌های حساسی چون تالاب‌ها، با تعیین مقدار آب موردنیاز این اکوسیستم‌ها باتوجه به نقش کلیدی آب در کارکردهای وابسته به آنها، ضروری است (Conservation of Iranian Wetlands Project, 2013). تعیین میزان حقابه زیست‌محیطی درواقع تخصیص بخشی از رژیم جریان طبیعی به اکوسیستم است تا اکوسیستم و مزیت‌های آن برای عموم مردم حفظ گردد (Modaberi and Shokoohi, 2019).

یکی از موضوعات مهم در روش‌های جامع‌نگر در زمینه مسائل اقتصادی- اجتماعی، برداشت مستقیم آب برای مصارف کشاورزی است که در مطالعات سال‌های اخیر بدان پرداخته شده است. Zou et al. (2018) در مطالعه‌ای به تعارض بین آب مصرفی در کشاورزی و تالاب‌ها در مقیاس محلی و منطقه‌ای در حوضه رودخانه آمور پرداختند. هدف از این مطالعه درک وضعیت استفاده از آب تالاب برای کشاورزی، یافتن عوامل طبیعی و انسانی مداخله‌گر و ارائه راه‌حل‌هایی جهت بهبود وضعیت منابع آبی حوضه بود. نتایج نشان داد که از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۵ مصارف بخش کشاورزی از ۷۲ درصد به ۸۸ درصد افزایش یافته و در نتیجه آن کل ذخیره آب سطحی تالاب به دلیل خشک شدن و کاهش سطح تالاب، کاهش چشمگیری داشته است. Boukila-Hassane et al. (2016) به ارزیابی چشم‌انداز سیستم یکپارچه مدیریت آب در منطقه اوران که یکی از بزرگ‌ترین حوضه‌های جنوب الجزیره بود پرداختند. هدف این بررسی ارزیابی استفاده از یک سیستم مدیریت یکپارچه در سراسر منطقه بود که بتواند تقاضای مناطق مختلف را ازنظر فرآیندهای هیدرولوژیکی موردتوجه قرار دهد. نتایج نشان داد که حساسیت منطقه مورد مطالعه در مقابل فشارهایی که در آینده به منابع آبی منطقه وارد خواهد شد بسیار زیاد است. درنتیجه نیاز به ایجاد یک سیستم مدیریت یکپارچه تقاضای محلی و کشاورزی بسیار ضروری است. Meng et al. (2019) در مطالعاتی به بررسی رابطه بین ذینفعان و تغییرات هیدرولوژیکی تالاب واقع در حوضه آبریز رودخانه ننجیانگ در کشور چین پرداختند. در این تحقیقات به منظور ارزیابی ساختار و ویژگی‌های عملکردی منابع آب در مقیاس حوضه و ایجاد تعادل در استفاده از منابع آب و حفاظت از تالاب، یک شبکه منظم زیست‌محیطی با در نظرگرفتن شاخص‌های اجتماعی- اقتصادی به نمایندگی از سیستم منابع آب در حوضه رودخانه ننجیانگ از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ درنظر گرفته شد و چندین سناریو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تأثیر فعالیت‌های انسان بر هیدرولوژی تالاب و منابع آبی موجود منعکس شد. نتایج مطالعه نشان داد که راندمان ساختاری شبکه آب در حوضه رودخانه ننجیانگ رو به کاهش بوده و تضاد بین تأمین آب و تقاضای آب به طور فزاینده‌ای جدی شده است و مصارف کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب است.

مفاهیم اصلی مربوط به جریانات زیست‌محیطی در روش‌های مختلف عملاً برای رودخانه‌ها به‌دست آمده‌اند و با ایجاد تغییرات بر روی این

مفاهیم، می‌توان از آن‌ها برای تالاب‌ها نیز استفاده نمود. در این تحقیق از مفاهیم رویکرد جامع‌نگر مبتنی بر سناریوسازی برای ارزیابی نیاز زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه استفاده شده است. تالاب بین‌المللی امیرکلایه به‌عنوان یک ناحیه زیست‌محیطی از ارزش فراوانی برخوردار است. این تالاب در ایجاد رطوبت و بهبود شرایط آب و هوایی ناحیه پیرامون خود نقش مهمی داشته و محلی مناسب برای پژوهش‌های گیاه‌شناسی، جانورشناسی و سایر علوم زیستی است (Golmohamadi and Shariati, 2016). تالاب امیرکلایه در چند سال اخیر با مشکلات عدیده‌ای مواجه شده است که نوسان و تغییر سطح آب تالاب یکی از این مشکلات است. در حال حاضر پهنه آبی تالاب امیرکلایه در کنار شبکه آبیاری سفیدرود از منابع اصلی تأمین‌کننده آب اراضی زراعی حوضه و حاشیه تالاب است. از آنجایی که بیشترین فشار و استرس در مواقع نیاز آب برای اراضی شالیزاری در پایین‌دست حوضه اتفاق می‌افتد لذا کشاورزان جهت تأمین آب اراضی خود به‌صورت قانونی و غیرقانونی از آب موجود در تالاب استفاده می‌نمایند (Anonymous, 2004). برداشت آب تالاب توسط کشاورزان سبب کاهش سطح آب تالاب شده و با ادامه این روند، خطر خشک شدن تالاب را تهدید خواهد کرد. تغییر کاربری اراضی حاشیه تالاب، تغییر کاربری اراضی جنگلی به مزارع شالیزاری برنج و تأسیس آب‌بندها و بندهای انحرافی در مسیر رودخانه‌های موجود در حوضه برای مقاصد مختلف از یک‌طرف سبب کاهش حقابه زیست‌محیطی تالاب شده و از طرف دیگر بهره‌برداری از آب تالاب امیرکلایه توسط ذینفعان محلی مسائلی همچون کاهش شدید آب تالاب را به وجود آورده است. در کنار کمبود آب، صید و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع تالاب بخصوص پرندگان، حیات این زیست‌بوم را با مشکل جدی مواجه کرده است. این اتفاق نه‌تنها از نظر زیست‌محیطی آثار منفی بسیاری داشته، بلکه مشکلات اقتصادی و اجتماعی متعددی را به‌خصوص برای ساکنین پیرامون تالاب به بار آورده است.

این مقاله در نظر دارد با استفاده از یک رویکرد جامع‌نگر به تعیین نیاز آبی تالاب امیرکلایه به‌عنوان یک تالاب بین‌المللی بپردازد. یکی از نوآوری‌های این تحقیق استفاده از مفاهیم مدل‌های جامع‌نگر در رودخانه‌ها برای ارزیابی شرایط زیست‌محیطی تالاب با تمرکز بر خدمات اکولوژیکی تالاب می‌باشد. در این راستا در تحقیق حاضر که برای اولین بار در آن از سناریوپردازی در قالب یک مدل جامع‌نگر با نگرش از بالا به پایین و برای تعیین حق‌آبه زیست‌محیطی یک تالاب استفاده شده است، ابتدا با شناسایی گونه حساس گیاهی یا جانوری به‌عنوان گونه شاخص، شرایط زیست‌محیطی مناسب برای ادامه حیات گونه و در راستای آن تضمین سلامت اکولوژیکی تالاب امیرکلایه تعیین می‌شود. سپس با بررسی وضعیت برداشت آب تالاب در فصول مختلف سال با توجه به تقویم زراعی اراضی حاشیه تالاب، شرایط اکولوژیکی و اقتصادی مختلف برای تالاب در ارتباط با زنده‌مانی گونه شاخص تعیین می‌گردد. درنهایت بر اساس مشخصات مورفولوژیکی تالاب و با در دست داشتن اطلاعات مربوط به رابطه گونه شاخص و تالاب، حجم آب مناسب برای تخصیص به تالاب در سناریوهای مختلف هدف‌گذاری‌شده به‌دست آورده می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

تالاب بین‌المللی و پناهگاه حیات وحش امیرکلایه با وسعت ۱۲۳۰ هکتار در امتداد شمالی- جنوبی با بیشترین طول حدود ۵ کیلومتر و بیشترین عرض حدود ۱/۸ کیلومتر در کمتر از یک کیلومتری دریای خزر و در جنوب بخش امیرآباد شهرستان لاهیجان در استان گیلان قرار دارد (Ashouri and Abdous, 2012). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی، محدوده بستر و کاربری اراضی تالاب امیرکلایه را نشان می‌دهد.

تالاب امیرکلایه با عمق متوسط ۱/۸۵ متر و تراز کف به طور متوسط حدود ۲۸/۰۴- متر نسبت به تراز سطح آب‌های آزاد، یکی از زیستگاه‌های مهم حیات‌وحش در گیلان و مکانی مهم برای زمستان‌گذرانی سالانه ده‌ها هزار پرنده مهاجر آبزی در فصل زمستان است (Behrouzirad, 2008). در گذشته، این تالاب محلی برای ذخیره آب کشاورزی اراضی شالیزاری حاشیه تالاب ، شکار و صید پرندگان و ماهیان توسط اهالی منطقه بوده است؛ اما به دلیل وسعت، موقعیت و اهمیتش برای پرندگان و ماهیان از سال ۱۳۴۹ مورد حفاظت و نظارت سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد (Ramsar Convention, 2012). امروزه فقط کمتر از ۳۰۰ هکتار از این تالاب دارای پهنه آبی باز بوده و مابقی توسط گیاهان آبزی یا آب‌دوست به‌ویژه نی پوشیده شده است. به‌طور کلی در این محدوده چهار پهنه بوم‌شناختی (بیوتوپ) بارز وجود دارد (Ashouri and Abdous, 2012). بیوتوپ تالابی (حاشیه‌ای) که پوشیده از گیاه نی می‌باشد و یکپارچه‌ترین وسعت تالاب به این بیوتوپ اختصاص دارد. هرساله صدها جفت از پرندگان خشک‌زی مهاجر به‌طور منظم در این تالاب در میان نی‌ها به همراه پرندگان آبزی آشیانه‌سازی و جوجه‌آوری می‌کنند. توده‌های پراکنده‌ی توسکا در بخش غربی تالاب یکی از امتیازات این بیوتوپ و تالاب امیرکلایه است (Asri and Moradi, 2006) به‌طوری که مجموع این درختان به همراه نی، پهنه آبی و پرندگان آبزی، امیرکلایه را تبدیل به مهم‌ترین زیستگاه برای عقاب

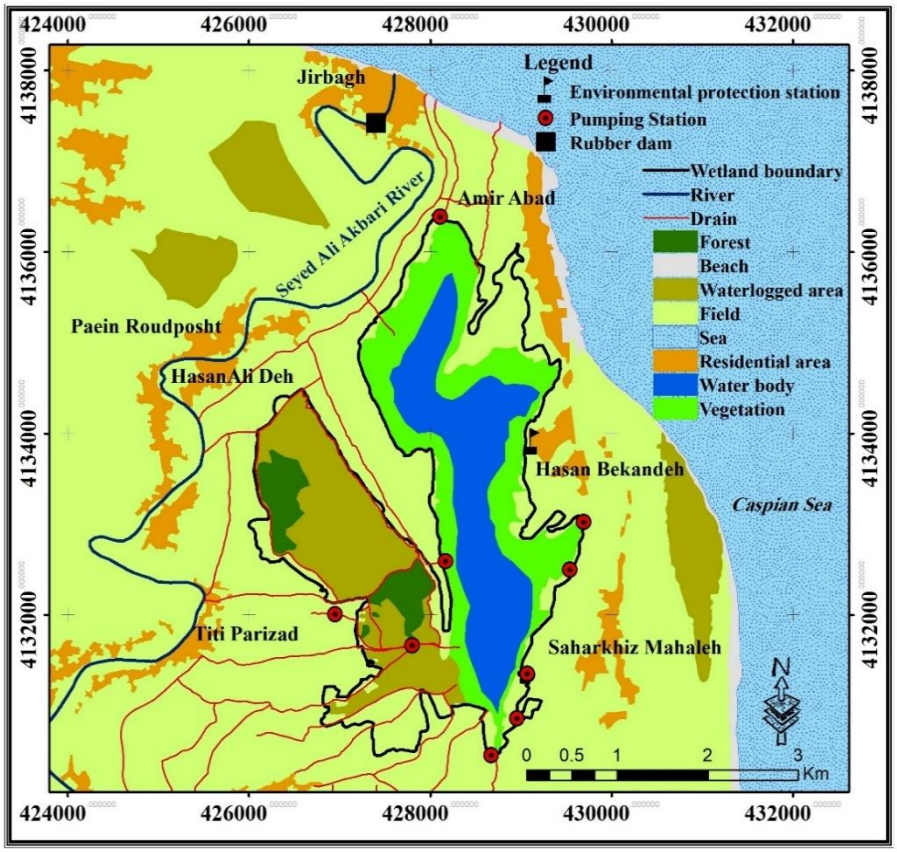

Fig. 1- Location, bed area and land use of Amirkelayeh wetland

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، محدوده بستر و کاربری اراضی تالاب امیرکلایه

خال‌دار بزرگ (گونه در خطر انقراض جهانی) در استان کرده است و همواره جمعیت مناسبی از این گونه عقاب به همراه عقاب دریایی دم‌سفید در فصل زمستان در این تالاب دیده می‌شوند (Ashouri and Abdous, 2012). این عقاب‌ها، در رأس هرم غذایی تالاب قرار دارند و از ماهیان و پرندگان آبزی تغذیه می‌کنند. از سوی دیگر، گیاهان آبزی به‌ویژه نی در این بیوتوپ علاوه بر اینکه برای ماهیان گیاه‌خوار، منبع غذایی هستند، پناهی برای آن‌ها در مقابل مهاجمین و مکانی امن برای تخم‌ریزی آن‌ها فراهم می‌آورند (Vafajo Dianati et al., 2013). از دیگر بیوتوپ‌ها و مهم‌ترین آن‌ها، بیوتوپ تالابی (پهنه‌ی باز آبی) است. در این بیوتوپ، آب بارزترین ساختار تشکیل‌دهنده بوده و در بخش‌های جنوبی، عمق آب تالاب به بیش از ۲/۵ متر نیز می‌رسد. وجود آب با عمق مناسب و وفور گیاهان آبزی و مواد غذایی در این بخش، امیرکلایه را تبدیل به یک زیستگاه مناسب برای زمستان‌گذرانی پرندگان آبزی غواص در منطقه کرده است (Behrouzirad, 2008). درواقع، کارکرد اصلی این بیوتوپ، تأمین نیاز زیستگاهی و غذایی برای پرندگان مهاجر آبزی به‌ویژه گونه‌های غواص است. وجود عمق مناسب آب یکی از امتیازات اصلی تالاب امیرکلایه نسبت به اغلب تالاب‌های استان و جنوب دریای خزر است (Ashouri and Abdous, 2012). از گذشته تا حال همواره امیرکلایه زیستگاه مناسبی برای زمستان‌گذرانی چنگر و اردک سرخابی در استان بوده است و جمعیت قابل توجهی از این گونه در اغلب سال‌ها در امیرکلایه زمستان‌گذرانی می‌کند. چنگر با غوطه‌زنی در آب از گیاهان آبزی غوطه‌ور تغذیه می‌کند و نقش مهمی در کاهش حجم این گیاهان آبزی دارد. از سوی دیگر چنگر، خود یک طعمه و شکار برای عقاب‌های خالدار بزرگ، شنگ (تنها پستاندار در تالاب) و شکارچیان منطقه است (Ashouri and Abdous, 2012). همچنین پهنه آبی تالاب، زیستگاه مهمی برای ماهیان تالاب به‌ویژه گونه در خطر انقراض جهانی؛ کپور معمولی فراهم آورده است. کپور معمولی از نظر رژیم غذایی جزء ماهیان همه چیزخوار محسوب می‌شود و تنوع غذایی نسبتاً وسیعی دارد (Vafajo Dianati et al., 2013). تداوم حیات گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری و حضور گونه‌های شاخص، نادر و در خطر انقراض جهانی، نشان‌دهنده‌ی ساختار بوم‌شناختی ارزشمند این بخش از تالاب است. دو بیوتوپ دیگر این بوم‌سازگان، بیوتوپ جنگلی و بیوتوپ زراعی هستند که در افزایش تنوع جانوری و گیاهی، ایجاد پناه و به‌ویژه تأمین

غذا برای حیات وحش تالاب نقش مهمی دارند (Ashouri and Abdous, 2012). بیوتوپ جنگلی در حاشیه‌ی تالاب قرار دارد و مناطق کم‌عمق پوشیده از جوامع توسکا را شامل می‌شود و بیوتوپ زراعی نیز متشکل از نوارهای باریک پراکنده‌ی زراعی در پیرامون تالاب می‌باشد (Ashouri and Abdous, 2012). به‌منظور حفظ این بیوتوپ‌ها و خدمات مرتبط با آن‌ها در تالاب امیرکلایه باید تا حد امکان از درهم ریختن تعادل زیستی و محیطی آن جلوگیری شود. در سالیان اخیر تالاب امیرکلایه دچار مشکلات عدیده‌ای بخصوص در فصول کشت اراضی شالیزاری که کشاورزان حاشیه تالاب آب موردنیاز خود برای فعالیت‌های کشاورزی را از تالاب امیرکلایه برداشت می‌نمایند، شده است. توسعه اراضی زیر کشت برنج از یک‌سو و کمبود منابع آب برای توزیع در شبکه آبیاری زهکشی مخصوصاً در بخش‌های انتهایی شبکه همچون واحد D5 که تالاب امیرکلایه در آن قرار دارد از سویی دیگر سبب شده است که تالاب امیرکلایه در جهت تأمین آب آبیاری اراضی شالیزاری مورد استفاده قرار گیرد (Nasiri Gheidari et al., 2010). آب موردنیاز بخشی از اراضی حاشیه تالاب به مساحت ۱۱۵۰ هکتار که اغلب در سمت شرقی تالاب واقع شده‌اند، در مدت ۵ ماهه از طریق تعداد ۱۰ ایستگاه پمپاژ و تعداد حدود ۱۵۰ دیزل پمپ شخصی ۳ و ۴ اینچی مستقر در تالاب تأمین می‌شود اما اراضی غربی تالاب از طریق نهرهای منشعب از رودخانه سید علی اکبری آبیاری می‌شوند و فقط زه‌آب این اراضی از طریق زهکش‌ها به تالاب می‌ریزد).

۲-۲- روش انجام کار

در این مقاله تخمین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه توسط یک رویکرد جامع‌نگر مبتنی بر سناریوسازی به دست آورده شده است. رویکردهای جامع‌نگر نقش گسترده‌ای در ارزیابی جریان‌های زیست‌محیطی در سال‌های اخیر داشته‌اند. این روش‌ها کارآیی بالایی در حفظ اکوسیستم از خود نشان داده‌اند و نتایج حاصل از آنها قابلیت دفاع بیشتری در تعاملات مربوط به تخصیص آب دارد (Modaberi and Shokoohi, 2020). ازجمله روش‌های مهم جامع‌نگر، روش اجزای سازنده (BBM)[۲] است. خروجی روش BBM، یک سری جریان‌های ماهانه برای رسیدن به شرایط مطلوب است که با درصد اطمینان‌های مختلف محاسبه می‌گردد. ضعف اصلی روش BBM این است که دبی جریان در آن از پیش تعیین‌شده و به عبارت بهتر تجویزی است (Tharme and King, 1998). این روش ابتدا یک شرایط مطلوب برای اکوسیستم را از پیش تعیین می‌کند و پس‌از آن رژیم جریان موردنظر را برای رسیدن به این نقطه بدست می‌دهد. خروجی‌های روش BBM برای توجیه رژیم جریان پیشنهادی است درحالی‌که توضیح و تفسیری از اثرات رژیم جریان را به‌دست نمی‌دهد (King et al., 2003).

باید در نظر داشت هنگامی که یک چارچوب قانونی وجود ندارد (به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه)، اجرای عملی جریان زیست‌محیطی از پیش تعریف شده برای شرایط بلندپروازانه اکوسیستمی بسیار بعید به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این یک محقق به تنهایی نمی‌تواند وضعیت آینده یک اکوسیستم را مطلوب توصیف نماید. برای حل این مشکلات رویکردهای جامع مبتنی بر سناریو توسعه داده شد. روش DRIFT[۳] یک روش جامع مبتنی بر سناریو بوده که از بالا به پایین است (King et al., 2003). این روش متشکل از مدول‌های بیوفیزیکی، سناریوسازی، اقتصادی و اجتماعی است. در مدول بیوفیزیکی واکنش‌های اجزای اکوسیستم با توجه به تغییر رژیم جریان تخمین زده می‌شود. برای این کار، ابتدا رژیم هیدرولوژیکی جریان شناسایی‌شده و اجزای مختلف رژیم جریان با استفاده از داده‌های درازمدت مشخص می‌شوند. یکی از خروجی‌های مهم این مدول آن است که برای هر تغییر در رژیم جریان، تغییرات در اجزای اکوسیستم شناسایی می‌گردد. در مدول توسعه سناریو، رژیم‌های ممکن برای جریان‌های آینده تعریف می‌گردند و در مدول اقتصادی- اجتماعی با شناسایی جوامع مرتبط با سیستم اکولوژیکی و نیز عوامل اقتصادی مرتبط با خدمات اکولوژیکی در سیستم تحت مطالعه، اثرات تغییرات تخمین زده‌شده در اکوسیستم ناشی از اعمال هریک از سناریوها بر شرایط اقتصادی- اجتماعی ذینفعان تعیین می‌گردد (King et al., 2003; Dunbar et al., 2004). رویکرد توسعه داده شده در این پژوهش از ساختار روش DRIFT، که اساساً برای رودخانه‌ها توسعه داده شده است، استفاده می‌نماید. مراحل انجام کار در این مقاله با توجه به الگوریتم توسعه داده شده شامل مطالعات اقتصادی- اجتماعی، بیوفیزیکی، توسعه سناریوها و بخش تلفیق به منظور تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه است. در بخش اقتصادی- اجتماعی، خصوصیات جوامع بومی، الگوهای معیشتی، میزان ارتباط این افراد با تالاب و نوع وابستگی آنها به تالاب بررسی شد. طبیعت زیبای تالاب و فضای پیرامون آن، پوشش گیاهی گسترده و انبوه، هوای مطبوع، فراوانی انواع پرندگان و ترکیب زیبای گیاهان و حیوانات، نقشی مهمی در تأمین معیشت ساکنان حاشیه تالاب دارد. بدین منظور تمامی این کارکردها و خدمات با انجام مصاحبه حضوری، مشاهده و مرور منابع، شناسایی شده و در نهایت مهم‌ترین شاخص در این بخش جهت تعیین نیاز آبی تالاب امیرکلایه انتخاب گردید. اطلاعات مربوط به بخش کشاورزی، به عنوان اثرگذارترین فاکتور مدول اقتصادی- اجتماعی، شامل نوع کشت محصول و میزان برداشت

آب از تالاب برای مصارف کشاورزی بخصوص در دوره کشت اراضی حاشیه تالاب از سازمان جهاد کشاورزی دریافت گردید. در مطالعات بیوفیزیکی، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، تنوع زیستی و روابط اکولوژیکی میان این فاکتورها برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص بررسی شد. مهم‌ترین فاکتورهای بررسی‌شده شامل داده‌های هواشناسی بخصوص بارش، آب زیرزمینی، عمق تالاب، سطح و حجم آب در بخش‌های مختلف، گونه‌های حفاظت‌شده اعم از گونه‌های گیاهی و جانوری، گونه‌های فیتوپلانکتون، ماهی‌ها و ارتباط مستقیم بین گونه‌ها و سطح (حجم) آب در دسترس بود. اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی گیاهان و جانوران موجود در تالاب جهت انتخاب شاخص اکولوژیکی از سازمان محیط‌زیست و شیلات استان گیلان دریافت شد. داده‌های هیدرولوژیکی موردنیاز شامل اطلاعات مربوط به دبی رودخانه واقع در مجاورت تالاب یعنی رودخانه سیدعلی اکبری، میزان مصرف یا برداشت از کانال‌ها و زهکش‌های موجود و زمان استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ آب از شرکت سهامی آب منطقه‌ای دریافت گردید. در بخش توسعه سناریو برای تعیین جریان زیست‌محیطی، دو سناریوی حفظ تالاب در شرایط مطلوب و حداقل در نظر گرفته شد. سطوح حداقل و مطلوب نیاز آبی زیست‌محیطی در تالاب امیرکلایه به شرایط مطلوب اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و شرایط حداقل اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی تقسیم‌بندی شد. شرایط مطلوب اکولوژیکی در واقع نیاز آبی در سطحی است که گونه انتخابی موردنظر در بهترین شرایط باقی بماند و هیچ‌گونه کاهش جمعیتی برای حضور آن گونه در تالاب اتفاق نیفتد و در شرایط مطلوب اقتصادی- اجتماعی، نیاز آبی در سطحی تعیین شد که حفظ و نگهداری بیش از اندازه آب در تالاب، سبب به وجود آمدن خطراتی مانند شکستن بازوهای تالاب، سرریز بیش از اندازه آب و ایجاد سیلاب در اراضی شالیزاری حاشیه تالاب نگردد. در این شرایط برداشت آب صدمه‌ای به حیات تالاب وارد نخواهد کرد. همچنین شرایط حداقل اکولوژیکی، حالتی است که نیاز آبی زیست‌محیطی طوری تعیین شود که اگر حجم یا سطح یا عمق آب از آن کمتر شود، گونه موردنظر دچار انقراض شده و یا به آن تالاب مراجعت ننماید. در این حالت نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب کمترین مقدار است و حجم آب به دست آمده نسبت به شرایط طبیعی کاهش قابل توجهی پیدا می‌کند و در شرایط حداقل اقتصادی- اجتماعی، برداشت آب از تالاب به منظور مصارف کشاورزی به مقداری است که از تأمین شرایط حداقل اکولوژیکی جلوگیری ننماید. شرایط در نظر گرفته شده برای هر سناریو در جدول ۱ تعریف شده است.

در بخش تلفیق و محاسبه نیاز آبی، با تحلیل اطلاعات پایه موجود در بخش‌های یاد شده شاخص‌هایی انتخاب شدند و درجه اهمیت از ۱ تا ۴ برای هر یک از آن‌ها در نظر گرفته شد. در الگوریتم توسعه‌یافته، شاخصی که نقش کلیدی در اکوسیستم تالاب داشته باشد و در حقیقت حضور یا عدم حضور آن برای سلامتی تالاب دارای اهمیتی ویژه باشد دارای اهمیت درجه ۱ خواهد بود. به‌عنوان مثال گونه‌ای که دارای سطح حفاظتی بالا بوده، یا در بالای هرم غذایی تالاب قرار داشته و سلامت اکولوژیکی‌اش نشان دهنده وجود سایر گونه‌ها در زنجیره پایین باشد، شاخصی با رتبه ۱ قلمداد گردید.

Table 1- Minimum and optimal conditions for the Stakeholders of the wetland

جدول ۱- شرایط حداقل و مطلوب برای ذینفعان تالاب

Scenario	Ecological Conditions	Socio-Economic Conditions
Optimal	Water requirement should be determined at a level where the selected species remains in the best conditions and there is no population decline for the presence of such species in the wetland.	Water requirements should be determined at a level that does not cause excessive water retention in the wetland, which does not cause hazards such as breaking the wetland's arms, overflowing water, and creating floods in the paddy lands along the wetland. Under these conditions, water abstraction will not harm the life of the wetland.
Minimum	Water requirement to the extent that if the volume, water level, or water depth is less than that, the index species will become extinct or will not return to the wetland. In this case, the water requirement is the lowest and the volume of water obtained is significantly reduced compared to normal conditions.	The water abstraction of the wetland is such that it does not create obstacles in terms of economic productivity and social criteria by providing the minimum ecological conditions

درجه ۴ به شاخص‌هایی اطلاق می‌گردد که وجودشان اهمیت کمتری در سلامتی تالاب داشته باشد (Sajedipour et al., 2017). در انتهای این بخش، حفظ مطلوبیت زیستگاه برای شاخص منتخب نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب در سناریوهای هدف‌گذاری شده برای ذینفعان تالاب در دو دوره زمانی شش‌ماهه اول و شش‌ماهه دوم سال آبی تعیین گردید و بـــا در دست داشتن تراز اکولوژیکی تالاب و روابط حجم- سطح- ارتفاع، حجم آب متناظر جهت تعیین نیاز آبی تالاب امیرکلایه در سناریوهای مختلف تخمین زده شد. مراحل انجام کار به‌طور خلاصه در شکل ۲ آمده است.

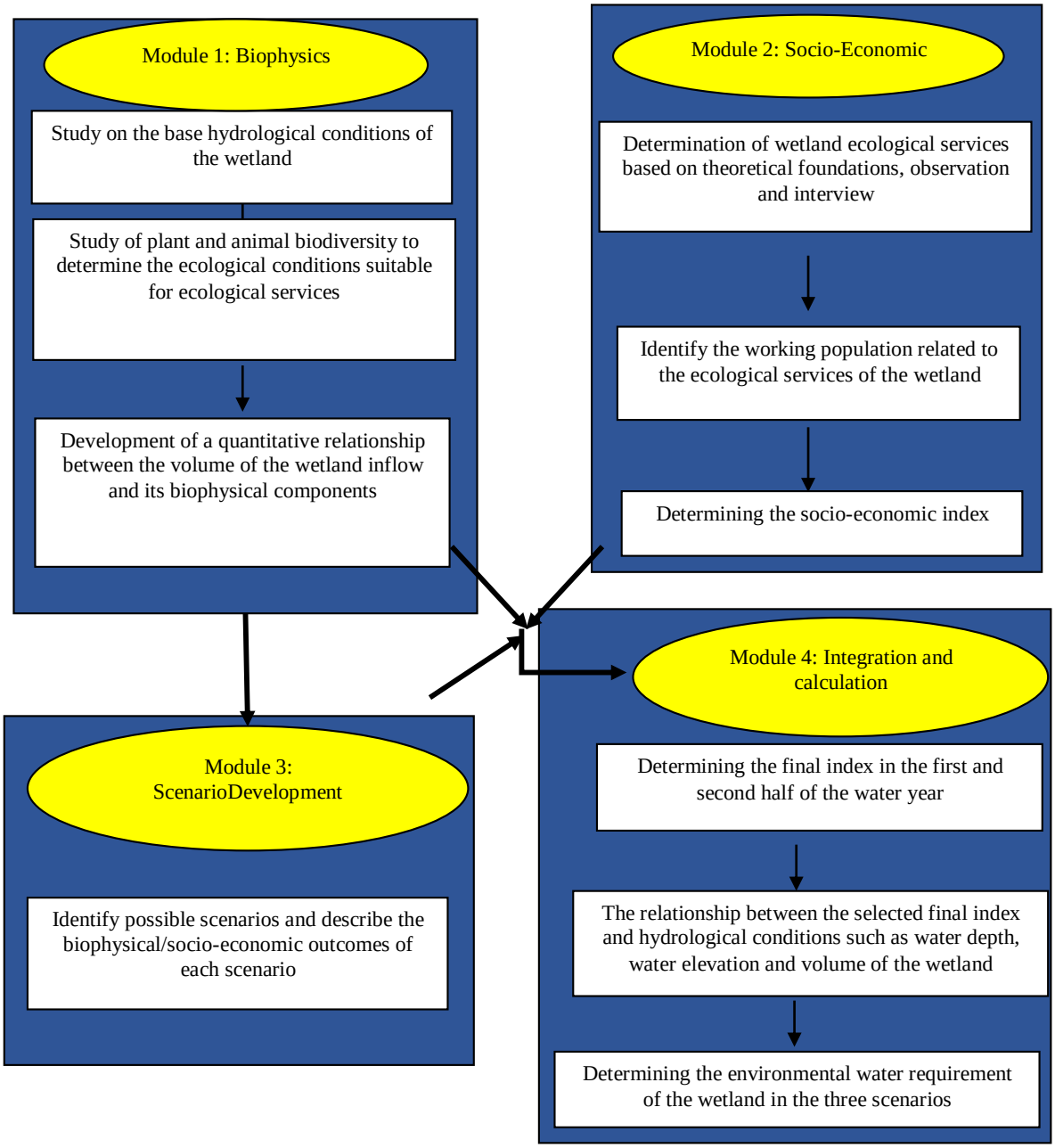

Fig. 2- Steps to determine the environmental water requirement of Amirkelayeh wetland according to the developed approach

شکل ۲- مراحل تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه با توجه به رویکرد توسعه داده شده

۳- نتایج و بحث

۳-۱- منحنی سطح- حجم- ارتفاع تالاب

با توجه به عدم وجود روابط سطح- حجم- ارتفاع تالاب، نمودارهای مربوطه با استفاده از نقشه بسیمتری کف و DEM تالاب امیرکلایه و حاشیه آن در محیط GIS محاسبه و ترسیم گردیدند. شکل ۳ منحنی سطح- حجم- ارتفاع تالاب را نشان می‌دهد که با روش حداقل مربعات در محیط excel تولید شده است. با استنباط از شکل ۳ می‌توان گفت که هندسه مخزن تالاب امیرکلایه به‌گونه‌ای است که با افزایش تراز سطح آب، پارامترهای مساحت و حجم تالاب به‌صورت تقریباً خطی و با شیبی نسبتاً ثابت تغییر می‌کنند.

۳-۲- منابع آب تغذیه‌کننده و تخلیه‌شونده تالاب امیرکلایه

به‌منظور تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه ابتدا مطالعات منابع آب تالاب در دستور کار قرار گرفت. با توجه به این نکته که هیچ رودخانه‌ای به تالاب امیرکلایه منتهی نمی‌شود لذا منابع آب تغذیه‌کننده تالاب امیرکلایه شامل بارندگی، رواناب سطحی و تغذیه از آب زیرزمینی است. به‌منظور تخمین متوسط مقدار بارش و بررسی نحوه‌ی تغییرات زمانی بارش در حوضه تالاب امیرکلایه از داده‌های ۳۰ ساله ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله استفاده شد. این ایستگاه به علت تکمیل بودن داده‌های موردنیاز ۳۰ ساله و موقعیت آن نسبت به حوضه تالاب، به‌عنوان ایستگاه معرف تالاب امیرکلایه در نظر گرفته شد. شکل ۴، بارش سالانه ایستگاه چمخاله را در یک دوره آماری ۳۰ ساله نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۴ بیشترین مقدار بارندگی در ایستگاه چمخاله مربوط به سال آبی ۸۲-۸۱ با مقدار ۱۵۶۴/۵ میلی‌متر و کمترین میزان آن مربوط به سال آبی ۸۷-۸۶ با مقدار ۷۲۶ میلی‌متر است. همچنین در شکل ۵ میانگین‌های بلندمدت (دوره آماری ۳۰ ساله)، میان‌مدت (دوره آماری ۲۰ سال اخیر) و کوتاه‌مدت (دوره آماری ۱۰ سال اخیر) بارندگی در این ایستگاه به ترتیب برابر با ۱۲۱۲/۸، ۱۱۹۵/۶ و ۱۱۴۵/۴ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده روند کاهشی بارش در سال‌های اخیر است. متوسط میانگین ماهانه بارش نشان می‌دهد که مقدار متوسط بارندگی طولانی‌مدت از ماه فروردین تا ماه مرداد نسبت به میانگین بلندمدت آن کمتر است. لازم به ذکر است این دوره منطبق بر دوره کشت محصولات کشاورزی در حوضه تالاب امیرکلایه است.

عامل تأثیرگذار بعدی در منابع آب ورودی به تالاب امیرکلایه، رواناب ناشی از بارندگی و زه‌آب اراضی کشاورزی روستاهای دهبنه، تی‌تی‌پریزاد، حسنعلی‌ده و پایین‌رودپشت مجموعاً به مساحت حدود ۱۸۶۲ هکتار بوده که توسط انهار و زهکش‌های اصلی و فرعی موجود به سمت تالاب هدایت می‌شوند. اراضی شالیزاری موجود در حاشیه و اطراف تالاب امیرکلایه به‌عنوان بخشی از شبکه آبیاری زهکشی سفیدرود در استان گیلان هرساله زیر کشت برنج می‌روند. با توجه به توپوگرافی تالاب و حاشیه آن، اراضی شالیزاری در سمت غربی تالاب توسط زهکش‌های طبیعی و مصنوعی به سمت تالاب زهکشی می‌شوند و آب برگشتی از آبیاری اراضی (زه‌آب کشاورزی) و رواناب ناشی از بارندگی را به تالاب تخلیه می‌نمایند. در فصل کشت برنج رواناب ناشی از بارندگی صرف تبخیر- تعرق اراضی شالیزاری می‌شود ولی در فصول غیر زراعی مقداری از این رواناب در اراضی شالیزاری ذخیره می‌شود و مابقی آن به سمت پهنه آبی تالاب و قسمت غربی تالاب (بخش اراضی ماندابی) امیرکلایه هدایت می‌شود.

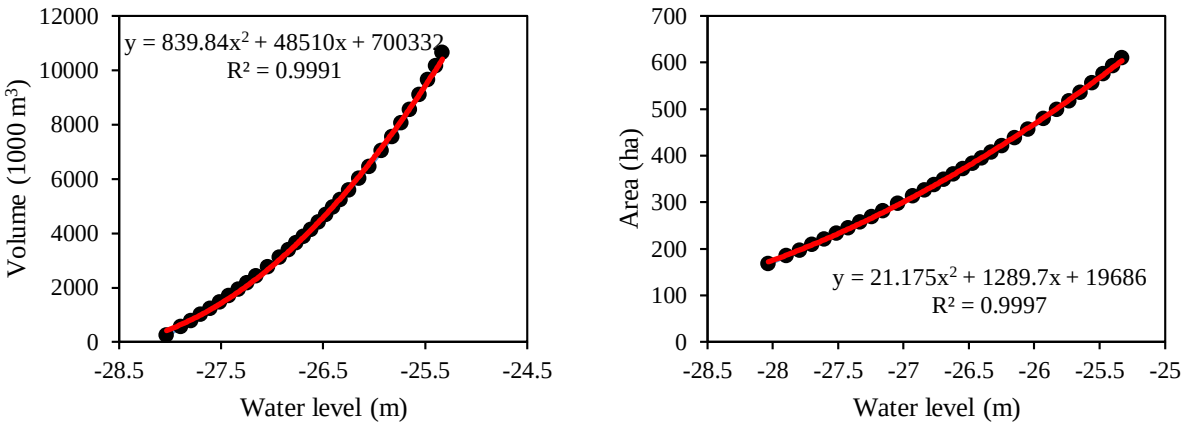

Fig. 3- Elevation-area-volume curve of Amirkelayeh wetland

شکل ۳- منحنی سطح- حجم- ارتفاع تالاب امیرکلایه

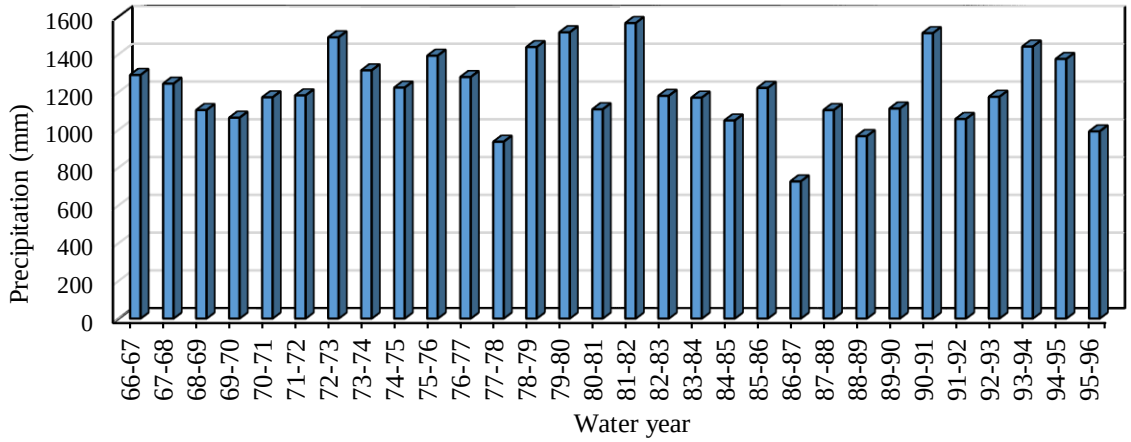

Fig. 4- Total annual precipitation of Chamkhaleh station (millimeter)

شکل ۴- مجموع بارش سالانه ایستگاه چمخاله (میلی‌متر)

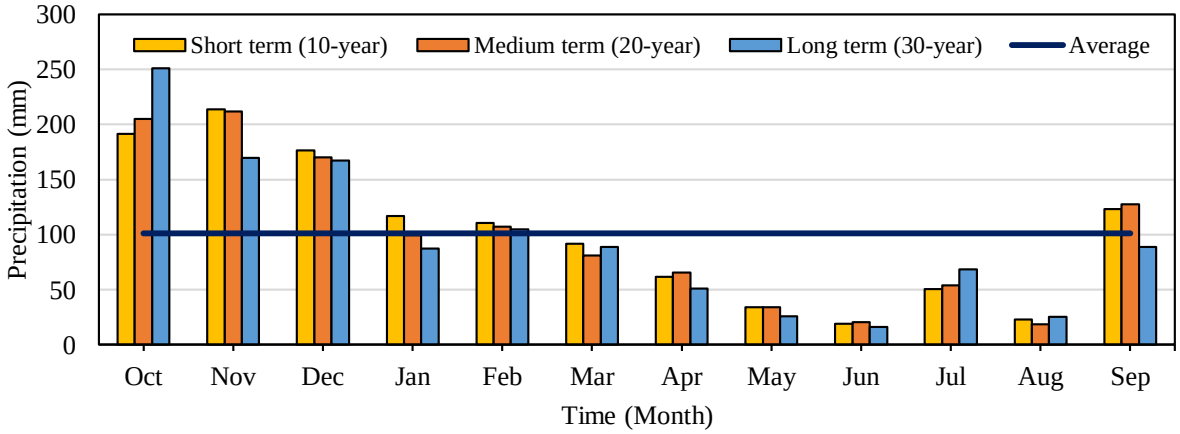

Fig. 5- Mean annual precipitation of Chamkhaleh station (millimeter)

شکل ۵- میانگین بارندگی ماهانه ایستگاه چمخاله (میلی‌متر)

میزان زه‌آب اراضی کشاورزی یا همان آب برگشتی به تالاب را می‌توان با توجه به شرایط سال آبی موردنظر برآورد نمود. این مقدار طبق سند توسعه آب استان گیلان حدود صفر تا ۸۰ درصد میزان آب آبیاری در ماه‌های مختلف سال است. در توجیه این محدوده وسیع از درصد آب برگشتی می‌توان گفت که در شرایط پرآبی درصد بیشتری از آب آبیاری به‌صورت زه‌آب به پایین‌دست منتقل می‌شود اما در شرایط کم‌آبی که برای تأمین آب موردنیاز اراضی کشاورزی، خروجی زهکش‌ها را در پایین‌دست مزارع می‌بندند، درصد بیشتری از آب آبیاری مصرف می‌شود. نکته حائز اهمیت در خصوص مدیریت منابع آب تالاب آن است که با توجه به اینکه اراضی کشاورزی محدوده مورد مطالعه در انتهای شبکه آبیاری زهکشی سفیدرود قرار دارند، همواره با مشکل کمبود آب مواجه هستند. درعین حال به لحاظ توسعه کشت برنج، انهار سنتی موجود کفایت لازم برای توزیع آب را دارا نمی‌باشند.

آب زیرزمینی عامل مهم دیگری است که نقش به‌سزایی در تغذیه تالاب امیرکلایه دارد. با بررسی اختلاف تراز سطح آب تالاب و سفره 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، سفره 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. برای ارزیابی تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در محدوده تالاب در راستای برآورد وضعیت تبادل جریان آب بین تالاب و آبخوان پلیگون تیسن برای چاه‌های مشاهده‌ای در اطراف تالاب مطابق شکل ۶ ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد که میانگین وزنی تراز سطح ایستابی چاه‌های امیرآباد، حسنعلی‌ده پایین، حسن بکنده و سحرخیز معرف سطح ایستابی در محدوده مخزن تالاب می‌باشند.

Fig. 6- Thiessen polygons for observation wells around the Amirkelayeh wetland

شکل ۶- پلیگون‌های تیسن برای چاه‌های مشاهده‌ای در اطراف تالاب

به‌منظور ارزیابی ارتباط و اندرکنش سطح آب زیرزمینی در محدوده تالاب امیرکلایه، تراز سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای در محدوده تالاب، تراز سطح آب دریا و مقدار بارش سالانه در شکل ۷ نسبت به هم مقایسه شدند. با توجه به شکل ۷ می‌توان بیان نمود که اگرچه سطح ایستابی در محل تالاب امیرکلایه به هر دو عامل مقدار بارندگی در دشت و تراز دریای خزر وابسته می‌باشد، اما حساسیت آن به بارندگی بیشتر است. همچنین مشاهده سری زمانی میانگین سالانه تراز سطح آب زیرزمینی در محدوده تالاب امیرکلایه در شکل مزبور نشان می‌دهد که علیرغم وجود نوسان، تراز سطح آب زیرزمینی در مجموع فاقد روند می‌باشد.

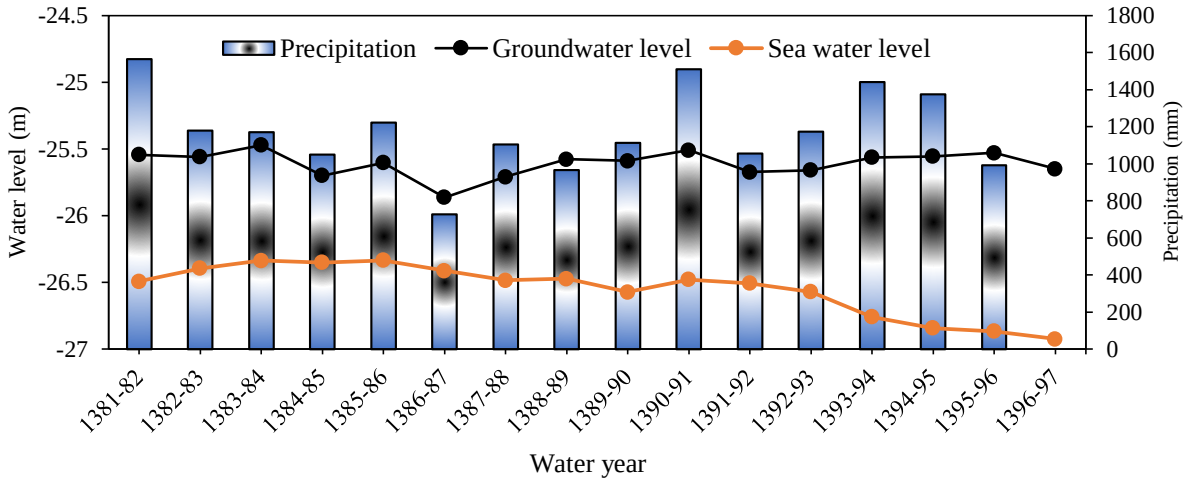

Fig. 7- Comparison of the Caspian Sea mean surface water level and the level of water table in the Amirkelayeh wetland and precipitation

شکل ۷- مقایسه میانگین سالانه تراز سطح آب دریای خزر و تراز سطح ایستابی در محل تالاب امیرکلایه و بارندگی

شکل ۸ متوسط درازمدت تغییرات ماهانه تراز سطح ایستابی محدوده مخزن تالاب امیرکلایه بر اساس چاه‌های مشاهده‌ای معرف را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد حداقل تراز سطح ایستابی مربوط به شهریور ماه و حداکثر آن مربوط به آذر ماه است. تغییرات سطح آب زیرزمینی بین آذر و شهریور حدود ۰/۷۳ متر افت را نشان می‌دهد. مقایسه سطح آب تالاب امیرکلایه با آبخوان‌های محدوده تالاب نشان داد که تراز سطح آب زیرزمینی در محدوده تالاب امیرکلایه حتی در مرداد و شهریور ماه که مقدار آن حداقل است، بالاتر از تراز سطح آب تالاب قرار دارد. براین اساس می‌توان نتیجه گرفت که گرادیان هیدرولیکی از سمت آب زیرزمینی به سمت تالاب مثبت بوده و تالاب امیرکلایه توسط آب زیرزمینی تغذیه می‌شود. از ماه اردیبهشت تا شهریور برداشت از آب تالاب به‌منظور تأمین آب آبیاری اراضی شالیزاری، سبب افت تراز سطح آب تالاب و لذا افزایش گرادیان هیدرولیکی جریان آب زیرزمینی به سمت تالاب شده که منجر به تغذیه بیشتر تالاب از آب زیرزمینی می‌گردد. توجه به این امر که منبع اصلی تغذیه تالاب، سفره‌های آب زیرزمینی در درجه اول و بارندگی مستقیم بر سطح تالاب در درجه دوم می‌باشد، ارزیابی صحیح منابع آب زیرزمینی و مدیریت برداشت از چاههای منطقه اهمیت خود را در حفظ حیات تالاب نشان می‌دهد. اگر به این مهم توجه شود که فصل کاشت برنج منطبق بر ماه‌های کم باران منطقه است، این یافته که سفره آب زیرزمینی تنها منبع قابل وثوق در تأمین آب زیست‌محیطی تالاب است اهمیت محدودیت برداشت از چاه‌ها بر اساس برنامه‌ریزی جامع منابع آب حوضه تالاب را بیش از پیش نشان می‌دهد.

یکی از فاکتورهای مهم در تخلیه آب تالاب امیرکلایه، تبخیر از سطح آزاد آب در تالاب و تبخیر- تعرق گیاهان تالابی در تالاب امیرکلایه است. برای برآورد میزان تبخیر از سطح آزاد آب تالاب از ارقام مشاهداتی تشت تبخیر در ایستگاه چمخاله استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین تبخیر سالانه ایستگاه چمخاله در دوره‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت به ترتیب برابر با ۹۸۸/۴، ۹۷۷/۶ و ۸۷۹/۳ میلی‌متر است. توزیع ماهانه تبخیر در دوره‌های آماری مختلف در شکل ۹ ارائه شده است. بر اساس داده‌های تبخیر از تشت ایستگاه چمخاله، میانگین تبخیر از سطح آب نیز در تالاب امیرکلایه در شش‌ماهه اول و دوم سال آبی با توجه به میانگین مساحت پهنه آبی در طول سال آبی، به ترتیب برابر با ۰/۵۳ و ۱/۵۷ میلیون مترمکعب به دست آمد.

همچنین، به منظور تخمین تبخیر- تعرق گیاهان تالابی در تالاب امیرکلایه با توجه به نشریه FAO56 و اعمال ضریب گیاهی گیاهان تالابی (Kc) در طول دوره رشد گیاه، مقادیر تبخیر- تعرق گیاه لاله تالابی و نی به عنوان گیاهان غالب به ترتیب با مساحت حدود ۲۵ و ۳۰ هکتار در تالاب امیرکلایه در جدول ۲ ارائه شده است. با ملاحظه اعداد مربوط به بارش مستقیم بر سطح تالاب (شکل ۵) و همچنین در نظر گرفتن رواناب ورودی به آن در شش ماهه اول سال آبی، از مقادیر تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر-تعرق گیاهان تالابی در این دوره (شش ماهه اول سال آبی) صرفنظر شده است.

۳-۳- انتخاب شاخص‌های اکوهیدرولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی جهت تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه

آنچه که تا اینجا مورد بحث واقع گردید مربوط به مدول بیوفیزیکی الگوریتم توسعه یافته بود، ولی از آنجایی که روش مورد استفاده در این پژوهش یک روش جامع‌نگر است، باید علاوه بر در نظر گرفتن شرایط و نیازمندی‌های بخش اکولوژیک، منافع تمام گروه‌های ذینفع و بهره‌بردار از تالاب در قالـــب مدول اقتصادی- اجتماعی در نظر گرفته

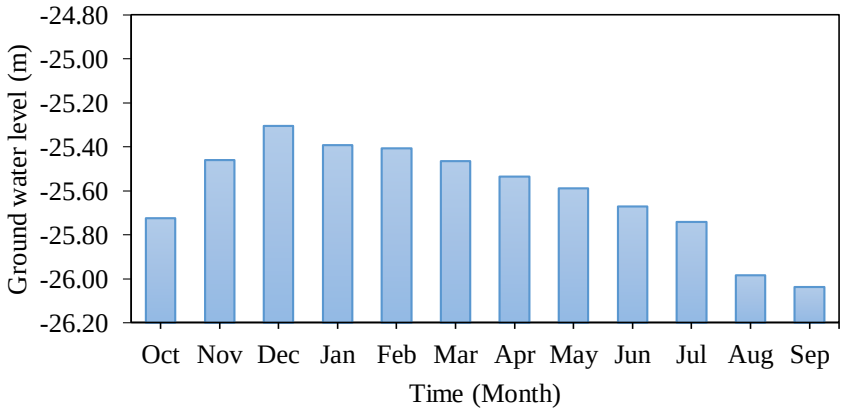

Fig. 8- Mean monthly groundwater level in the observation wells of Amirkelayeh wetland

شکل ۸- میانگین ماهانه تراز سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای محدوده تالاب امیرکلایه

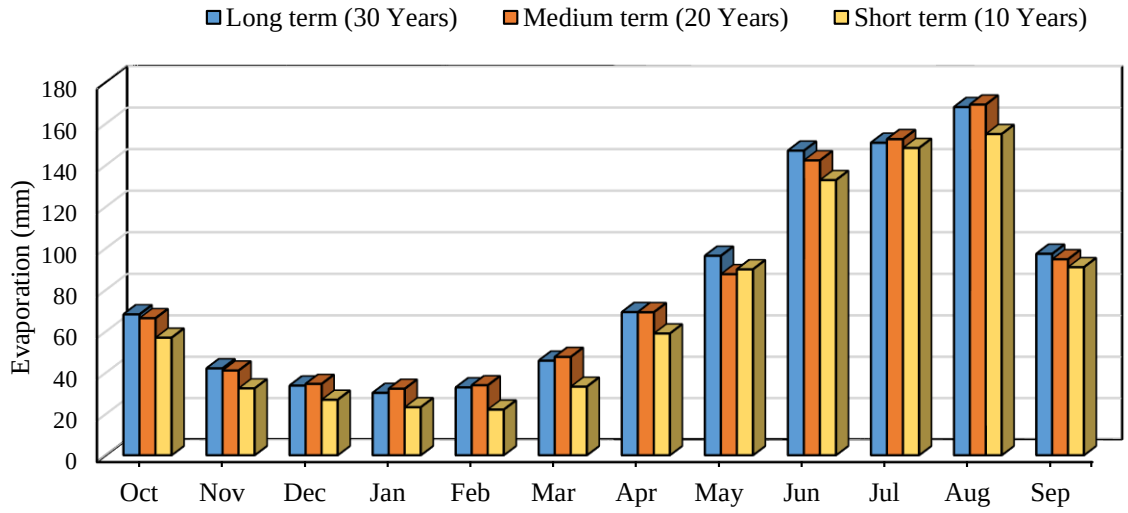

Fig. 9- Mean monthly evaporation of Chamkhaleh station (millimeter)

شکل ۹- مقادیر میانگین ماهانه تبخیر از تشت در دوره‌های آماری مختلف در ایستگاه تبخیرسنجی چمخاله

Table 2- Evapotranspiration of dominant plants in Amirkelayeh wetland during plant growth periods

جدول ۲- مقادیر تبخیر- تعرق گیاهان غالب در تالاب امیرکلایه در دوره‌های رشد گیاه و در طول سال آبی

Type of vegetation		Water body (Sacred lotus)			Land area (The dominant plant is Phragmites australis)		
Growth stages by period		Primary	Middle	Final	Primary	Middle	Final
Growth period by day		45	90	30	120	180	65
Plant coefficient		1.05	1.1	1.1	1	1.2	1
Evapotranspiration (ET)(mm/day)		80	309.8	66.4	273	282.8	34
Evapotranspiration volume (MCM)	The first six months of the water year	0.04					
	The second six months of the water year	0.26					

شود. پس از این مرحله و با حفظ تعادل میان دو بخش مزبور، مقدار حجم آب موردنیاز برای حفظ اکوسیستم تالاب با توجه به اهداف طرح (مدول توسعه سناریو) در مدول نهایی یعنی مدول تجمیع و ترکیب تعیین می‌گردد. برای برقراری ارتباط میان مدول‌های بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی لازم است که شاخص‌هایی برای هر دو مدول تعریف شده و سپس فصل مشترک آنها تعریف گردد.

۳-۳-۱- بررسی مدول بیوفیزیکی و انتخاب شاخص اکوهیدرولوژیکی

در این بخش، آنالیز داده‌های پایه در بخش تنوع زیستی انجام شده و توابع اکولوژیکی مهم در تالاب امیرکلایه شناسایی شد. نتیجه حاصل و همین‌طور دلایل انتخاب آن‌ها در جداول ۳ و ۴ آمده است.

نتایج حاصل از جداول ۳ و ۴ نشان داد که بهترین گونه‌ای که بتوان آن را به‌عنوان گونه شاخص اکولوژیکی معرفی نمود تا با تأمین مطلوبیت زیستگاه برای آن گونه، سلامت اکولوژیکی تالاب امیرکلایه تأمین گردد، شنگ می‌باشد. باید درنظر داشت که برداشت بی‌رویه آب به‌منظور آبیاری شالیزارها، در برخی سال‌ها امیرکلایه را تا مرحله خشکی پیش برده است و این می‌تواند تهدید جدی برای نسل بسیاری از موجودات درون تالاب که تقریباً هیچ ارتباطی با بیرون از آب ندارند، باشد. در برخی منابع ذکر شده است کـــه شنگ در ماه‌های اسفند تا فروردین جفت‌گیری می‌کند و دوره بـارداری آن در حدود ۶۰ تا ۶۲ روز است و درنهایت زایمان در اردیبهشت و خرداد انجام می‌شود (Karami et al., 2012). این مرحله از چرخه زندگی شنگ، با زمان برداشت آب از تالاب و دوره‌های ادواری خشک‌سالی تالاب امیرکلایه مطابق شکل ۵، منطبق می‌باشد.

Table 3- Checklist of biodiversity index species for Amirkelayeh wetland

جدول ۳- چک‌لیست گونه‌های شاخص تنوع زیستی برای تالاب امیرکلایه

Row	Class	Species name	Descriptions
1	Macrophytes plants	Reed	The shelter and habitat for birds nesting and laying, a place for fishes and some insects to laying, such as dragonflies. Eurasian otters can also use long reeds and grass as shelters.
2		Indian Lotus	How to grow Indian Lotus as an aquatic species is related to depth changes in the depth of water in the wetland so that as the depth of water decreases, they grow and expand in the water body. The uncontrolled growth and expansion in the wetland cause to reduce habitat desirability for some species.
3	Animals	Common Pochard	They often found in freshwater wetlands. They prefer deep wetlands with a depth of more than 60 to 80 cm, which are surrounded by reeds, over other habitats.
4		Common Carp	It is of great economic value, but overfishing, the occurrence of some droughts and the increase in pollutants are among the most important threats and reasons for the declining population of this species.
5		Eurasian Otter	It is found in most water bodies of the province and it is usually considered as an indicator of the health of rivers and wetlands. It also prefers deep waters with a depth of more than 50 cm

Table 4- Checklist of important ecological functions for AmirKelayeh wetland

جدول ۴- چک‌لیست توابع اکولوژیکی مهم برای تالاب امیرکلایه

Row	Ecological functions	Related species	Descriptions
1	Wildlife Habitat	Vertebrates including Eurasian Otter, Common Pochard, Coots, European Pond Turtle, Northern Pike, Common Carp, etc., and a variety of aquatic plants.	Shallow and deep water bodies, (10 cm to more than 1.5 meters) with an area of at least ten hectares, along with the presence of suitable vegetation and security which attract and the presence of numerous and diverse vertebrates in this wetland.
2	Animals, Shelter, especially for birds and mammals	The presence of a suitable water body along with aquatic plants provides suitable shelter for the wildlife of the wetland, especially the Eurasian Otter and birds for hunting	Waterbody with area more than 10 hectares with suitable water depth (more than 50 cm) along with the presence of masses of aquatic plants in the wetland shoreline can provide suitable shelter for aquatic birds.
3	A place to feed	Eurasian Otter, White-tailed Eagle, Greater Spotted Eagle, and other waterfowl	Water depth between 50 and 80 cm and above with a suitable water body of more than 10 hectares is suitable for the presence of the mentioned vertebrates.
4	Spawning fish	Northern Pike, Common Carp, and other wetland fishes	Proper water depth (50 cm and above), along with the presence of suitable masses of submerged aquatic plants, provide ideal conditions for spawning and rearing of young fish.
5	The location of the bird's nest	Western Marsh Harrier, Purple Swamphen, Moorhen, Purple Heron, etc.	The reeds, the presence of water depth of more than one meter and the proper distance from the sides of the wetland prevent the invaders from accessing the nests and provide suitable shelter for the nests
6	Place of birth of mammals, amphibians, and reptiles	Eurasian Otter, Marsh Frog, European Pond Turtle, etc.	Wetlands with the characteristics of the AmirKalayeh, with proper conditions such as the constant presence of water with suitable depth along with the coverage of various and suitable aquatic plants, provide conditions for wildlife reproduction and prevent attacker easy access

با توجه به اینکه ورودی لانه شنگ تقریباً در عمق ۵۰ سانتی‌متری زیر آب قرار دارد، بنابراین شنگ را می‌توان به‌عنوان گونه شاخص عملکردی برای تالاب امیرکلایه در نظر گرفت که با تأمین نیاز حداقل ۵۰ سانتی‌متری آب تالاب در فصل بهار و تابستان، زمینه استفاده از لانه و سایر رفتارهای شنگ را فراهم نمود (Karami et al., 2012). تأمین این مقدار آب و ممانعت از برداشت بی‌رویه آب (ممانعت از کاهش عمق آب به کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) در این دوره بحرانی از زندگی شنگ (زاد و ولد) می‌تواند زمینه حفاظت و نیاز زیستگاهی برای سایر حیات‌وحش تالاب امیرکلایه را نیز فراهم آورد. تالاب امیرکلایه در طی دهه‌های اخیر در فصل پاییز و زمستان برخلاف فصول بهار و تابستان با بحران کم‌آبی مواجه نبوده است و منبع و ذخیره‌ای برای آب‌های سطحی منطقه می‌باشد. بر اساس گزارش‌های موجود تالاب در فصول پاییز و زمستان آن‌قدر پر آب است که معمولاً دریچه تنظیم سطح آب تالاب برای خروج آب تالاب به دریا باز می‌شود (Ashouri and Abdous, 2012)، بنابراین به نظر نمی‌رسد که تأمین مقدار آب مناسب در فصول پاییز و زمستان برخلاف بهار و تابستان یک محدودیت برای حیات‌وحش تالاب باشد. یکی دیگر از فاکتورهای مهم محدودکننده برای گونه شنگ، تغذیه می‌باشد. از آنجایی‌که ماهی‌ها، منبع اصلی تغذیه گونه شاخص اکولوژیکی شنگ می‌باشند؛ لذا اگر شرایط عمق آب مناسب برای زیستگاه ماهی در شرایط مختلف تأمین گردد، آنگاه مطلوبیت زیستگاه شنگ نیز تأمین خواهد شد. با توجه به نتایج مطالعات هیدرولوژیکی در تالاب امیرکلایه، عمق آب تالاب در فصول سرد سال (از اول ماه مهر تا آخر ماه اسفند) به‌طور متوسط بین ۱ تا ۲ متر در نوسان می‌باشد لذا شرایط اکولوژیکی مناسب برای تأمین آب شاخص‌های اکولوژیکی تالاب برقرار است؛ اما در ماه‌های گرم سال (از ابتدای ماه فروردین تا انتهای شهریور) که هم‌زمان با فصل کشاورزی است، برداشت از آب تالاب به حد قابل توجهی زیاد می‌شود به‌طوری که در سال‌هایی سبب خشک شدن تالاب گردیده است لذا در این ماه‌های سال می‌توان با در نظر گرفتن عمق آب ۰/۵ متر در شرایط حداقل اکولوژیکی و ۱ متر در شرایط مطلوب جهت حفظ گونه شاخص، سلامت اکولوژیکی تالاب را تضمین نمود. در انتخاب گونه شنگ به‌عنوان شاخص اکولوژیکی، علاوه بر در نظر گرفتن ارزش‌های حفاظتی بین‌المللی، ملی، اکولوژیکی و اقتصادی، عوامل دیگری نیز در نظرگرفته شد که می‌توان به: ۱- واکنش نشان دادن شاخص انتخابی به تغییرات در میزان آب تالاب (Hadipour et al., 2011)؛ ۲- قرارگرفتن در بالای زنجیره غذایی تالاب؛ ۳- قابل‌اندازه‌گیری و پایش بودن؛ ۴- موجود بودن داده‌های سرشماری سالانه نسبت به سایر گونه‌ها و از همه مهم‌تر ۵- ارتباط بین این پستاندار با عمق آب تالاب جهت زنده‌مانی (Hadipour et al., 2011) اشاره نمود. در همین ارتباط شنگ به‌عنوان یک پستاندار نیمه آبزی، گونه بسیار حائز اهمیت در بوم‌سازگان‌های آبی شناخته شده و به‌عنوان شاخص زیست‌بوم‌های پاک معرفی شده است که امروزه محدودیت‌های زیادی نسل آن را تهدید می‌کند (Mirzaei et al., 2009). این گونه، بخش اعظم زندگی خود اعم از زادآوری، تغذیه، پرورش نوزادان و غیره را در بوم‌سازگان‌های آبی سپری می‌کند و با قرار گرفتن در رأس چرخه غذایی تالاب تقریباً از همه بخش‌های یک تالاب استفاده می‌کند. بنابراین می‌توان شنگ را به‌عنوان یک گونه چتر در تالاب امیرکلایه انتخاب نمود که در صورت تأمین نیازهای آبی و زیستگاهی آن، از سایر گونه‌های تالاب نیز در زیر چتر حمایتی و حفاظتی آن حمایت خواهد شد.

۳-۳-۲- بررسی مدول اقتصادی- اجتماعی و انتخاب شاخص

در این بخش، آنالیز داده‌های پایه در بخش اقتصادی- اجتماعی شامل بررسی کارکردهای تالاب مانند نحوه برداشت از منابع آب، تولیدات و خدمات حاصل از تالاب و میزان بهره‌برداری از آن برای جـــوامع محلی، وجـــود جنبه‌های ارتباط فرهنگی، اجتماعی و کارکردهای علمی- آموزشی و وضعیت گردشگری منطقه انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است. بر اساس داده‌های این جدول و همچنین بر اساس نظرات کارشناسان خبره، مشاهدات میدانی و بررسی داده‌های حاصل از مطالعات کتابخانه‌ای پیرامون وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین منطقه، برداشت مستقیم از آب تالاب برای مقاصد کشاورزی، گردشگری، صید و شکار، برداشت چـــوب و علوفه و کارکـردهای آموزشی- فرهنگی شاخص کشاورزی بـه‌عنوان شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی وابسته به تالاب انتخاب گردیدند.

۳-۳-۳- انتخاب شاخص نهایی از تلفیق مدول‌های بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی

انتخاب شاخص نهایی برای تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه از تلفیق مدول‌های بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی و بر اساس چک‌لیست‌های تهیه‌شده (جداول ۳، ۴ و ۵) انجام گرفت. به‌طور کلی شاخص‌های مورد نظر در ۲ بخش و ۷ مورد انتخاب شدند. به‌منظور تعیین گونه شاخص و انتخاب آن از روی ارزش گونه به نحوی که توانایی ارائه تصویری بهتر از تالاب را داشته باشد از روش ارزش‌گذاری add-hoc استفاده گردید. این امر بدان مفهوم است که ارزش‌گذاری با توجه به منابع، تجربیات موجود و نظرات کارشناسان خبره انجام گرفته است. در این ارتباط با توزیع پرسشنامه میان خبرگان از میانگین ارزش‌های به‌دست آمده برای هر پارامتر استفاده به عمل آمد.

Table 5- Socio-economic parameters checklist for Amirkelayeh wetland

جدول ۵- چک‌لیست پارامترهای اقتصادی- اجتماعی برای تالاب امیرکلایه

Row	Socio-economic functions	Descriptions
1	Direct harvesting from the wetland	Direct and indirect water abstraction from the wetland through several water pumping stations as well as canals around the wetland
2	Tourism (walking in the wetland)	Controlled tourism due to the enclosure of the area
3	Hunting	Birds inside the wetland are illegally hunted but birds hunting in out of the protected area is part of the income of the residents around the wetland
4	Harvesting fodder and wood	They are used by the residents around the wetland for household purposes and handicrafts
5	Scientific-educational	It is a good place to hold training classes and biodiversity research activities as well as bird watching training tours

شاخص انتخابی در هر بخش باید با اهمیت‌ترین پارامتر باشد به‌طوری که با توجه به داده‌های موجود نتوان انتخاب دیگری انجام داد. همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌گردد برای هریک از شاخص‌ها درجه اهمیتی از ۱ تا ۴ درنظرگرفته شد.

نتایج حاصل از جدول ۶ در بخش اقتصادی- اجتماعی نشان داد که برداشت از آب تالاب جهت تأمین آب مورد نیاز اراضی کشاورزی حاشیه آن به‌عنوان مهم‌ترین شاخص اقتصادی- اجتماعی است. از دلایل مهم این انتخاب می‌توان به ارتباط مستقیم درآمد و معیشت حاشیه‌نشینان تالاب به مزارع شالیزاری، وسعت زمین‌های کشاورزی منطقه، تمایل جامعه محلی به افزایش سطح زیر کشت، ارتباط مستقیم کشت برنج با نیاز آبی و برداشت مستقیم و غیرمستقیم آب از طریق ایستگاه‌های متعدد پمپاژ آب تالاب و همچنین کانال‌کشی‌های پیرامون تالاب اشاره نمود.

Table 6- Summary of basic data of Amirkelayeh wetland to identify the section and species of the index

جدول ۶- خلاصه داده‌های پایه تالاب امیرکلایه جهت تشخیص بخش و گونه شاخص

Row	Section	Index	The degree of importance	Communication with water requirement of wetland	Description
1	Socio-economic	Direct harvesting of wetland water	1	Depth and volume	Harvesting of wetland water to irrigate paddy lands
		Tourism	3	Depth and area	It is a good place for tourism
		Hunting	2	Area and depth	Birds inside the wetland are illegally hunted but birds hunting in out of the protected area is part of the income of the residents around the wetland
2	Biology and Ecology	Winter migratory aquatic birds	1	Depth or water elevation	Common pochard
		Plants	2	Depth or water elevation	At certain times of the year, Indian lotus as a floats plant covering all over the surface of the water body
		Mammals	1	Depth or water elevation	Eurasian otter
		Fish	1	Water quality and water depth	Common carp

همچنین از نتایج بخش بیولوژیکی و اکولوژیکی استنباط می‌شود که می‌توان علاوه بر گونه شنگ که دلایل انتخاب آن برای دوره کم‌آبی تالاب بـه طور کامل در بخش ۳-۲-۱ مطرح گردید، از پـرندگان آبـزی مهاجـر زمستان گذار کـه حضورشان در تـالاب در فصول سرد سال (پاییز و زمستان) نشانه سلامت اکولوژیکی تالاب است (Reid et al., 2013) نیز به عنوان شاخص اکولوژیکی تالاب در دوره پرآبی استفاده نمود. در این پژوهش از میان گونه‌های موجود، گونه اردک سرخنائی که به دلیل غواص بودن و اینکه آب بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها نیاز دارد به عنوان پرنده آبزی مهاجر زمستان گذار در تالاب امیرکلایه انتخاب شد.

۳-۴- تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در سناریوهای هدفگذاری شده

نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه به منظور حفظ شاخص‌های اکولوژیکی و تأمین منافع اقتصادی- اجتماعی حاشیه‌نشینان تالاب با توجه به کارکردهای مختلف تالاب امیرکلایه در فصول مختلف سال متفاوت است. در بخش شاخص‌های اکولوژیکی، اردک سرخنایی فقط در فصول سرد سال در تالاب حضور دارد و لذا به عنوان شاخص فصل سرد و شنگ نیز به عنوان شاخص فصول گرم سال انتخاب و از مطلوبیت زیستگاه آنها به عنوان تابع هدف استفاده شد. در بخش اقتصادی- اجتماعی که مهمترین شاخص آن برداشت مستقیم از تالاب بود از تقویم آبیاری وزارت نیرو استفاده گردید. تقویم آبیاری اراضی کشاورزی بر اساس سال آبی وزارت نیرو از مهرماه آغاز شده و تا شهریور سال بعد ادامه می‌یابد. برآورد نیاز آبی تالاب امیرکلایه بدون در نظر گرفتن تقویم آبیاری منطقه و سال آبی به دلیل برداشت‌های بی‌رویه در فصول گرم سال ممکن نیست. با توجه به موارد ذکر شده، نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در دو بخش شامل شش‌ماهه اول و شش‌ماهه دوم سال آبی محاسبه گردید.

۳-۴-۱- تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب در شش‌ماهه اول سال آبی

در این بخش، با توجه به مدول توسعه سناریو، نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شش ماه اول سال آبی در سناریوهای هدفگذاری شده مطلوب و حداقل با در نظر گرفتن تامین نیازهای آبی شاخص‌های اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی بررسی و با وضع موجود مقایسه گردید. شش‌ماهه اول سال آبی از مهرماه هرسال شروع شده و تا اسفند همان سال ادامه دارد. در این بازه زمانی، کارکردهای اساسی تالاب امیرکلایه شامل حفظ حیات اکولوژیکی موجودات زنده به‌خصوص پرندگان مهاجر آبزی زمستان‌گذران در تالاب و ذخیره آب حاصل از بارش و رواناب به‌منظور استفاده از آن در شش‌ماهه دوم سال آبی است. در مرحله اول، برای ارزیابی سلامت اکولوژیکی تالاب امیرکلایه، فراوانی حضور گونه شاخص اردک سرخنایی در سرشماری زمستانه (که نشان‌دهنده شرایط مناسب اکولوژیکی در تالاب است)، بررسی شد. شکل ۱۰ تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب را که با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای LandSat محاسبه شده است در مقابل فراوانی حضور اردک سرخنایی به‌عنوان پرنده شاخص مهاجر زمستان‌گذران در طول سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

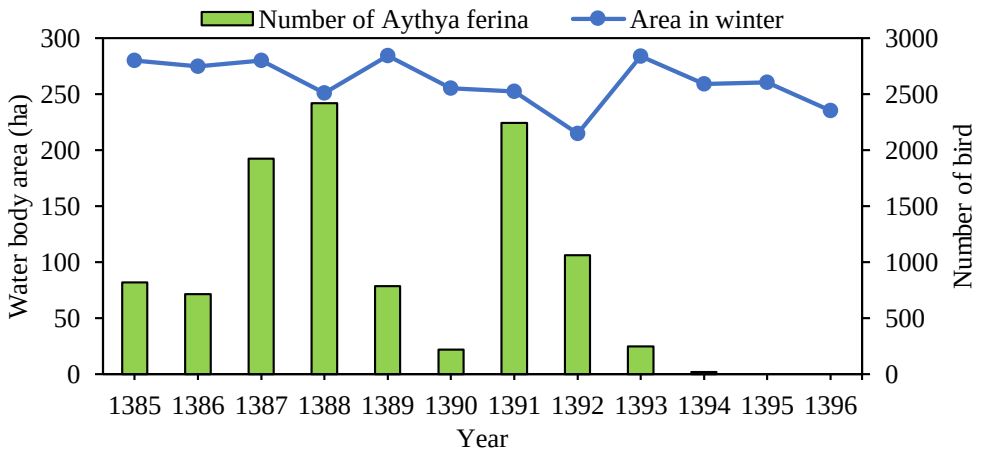

Fig. 10- Changes in the water body area of the wetland in the face of the abundance of the presence of Aythya ferina

شکل ۱۰- تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب در مقابل فراوانی حضور اردک سرخنایی

مطابق شکل ۱۰، در سال ۱۳۸۹ که مساحت پهنه آبی تالاب به بیشترین مقدار خود رسیده است جمعیت پرنده شاخص حدود ۸۰۰ قطعه بوده ولی در سال ۱۳۹۲ که مساحت تالاب به کمترین مقدار خود رسیده است، جمعیت پرنده شاخص حدود ۱۰۵۸ قطعه بوده است. از این امر می‌توان دریافت که بین جمعیت پرنده شاخص و مساحت تالاب ارتباط معناداری وجود نداشته و افزایش و کاهش جمعیت پرنده می‌تواند از عوامل دیگری غیر از شرایط هیدرولوژیکی تالاب مانند شکار بی‌رویه یا تغذیه زیستگاه تأثیر پذیرفته باشد. جهت رسیدن به نتیجه‌ای متقن، آمار گونه‌های دیگر پرندگان که از نظر اقتصادی برای حاشیه‌نشینان تالاب ارزش بالایی دارند نیز بررسی گردید که نتایج آن در شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ آمده است. تجزیه و تحلیل شکل‌های مذکور نیز نشان می‌دهد که نمی‌توان بین مساحت پهنه آبی تالاب و جمعیت این پرندگان آبزی ارتباط معناداری پیدا نمود و دلایل دیگری غیر از مساحت تالاب را باید دلیل کاهش یا افزایش جمعیت پرندگان و تغییر زیستگاه آنها دانست.

نتایج مرحله اول نشان داد که شاخص اکولوژیکی در ۶ ماهه اول سال آبی یعنی دوره پرآبی تالاب نمی‌تواند به عنوان آستانه یا محدودیتی برای تعیین نیاز آبی تالاب استفاده شود؛ زیرا عملا تغییرات پهنه آبی تأثیری بر روی حفظ شاخص اکولوژیکی ندارد. لذا در این بخش، از دیگر کارکرد تالاب یعنی کارکرد اقتصادی- اجتماعی استفاده شد.

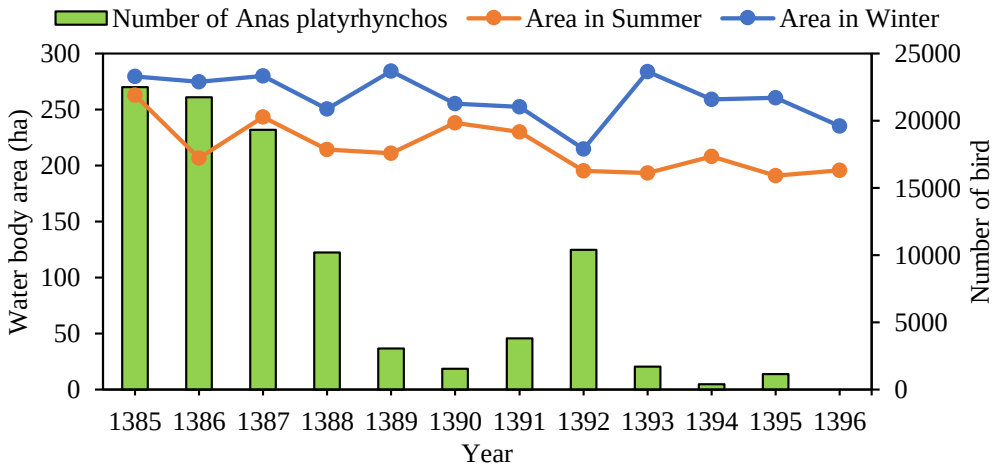

Fig. 11- Changes in the water body area of the wetland in the face of the abundance of the presence of Anas playrhynchos

شکل ۱۱- تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب در مقابل فراوانی حضور اردک سرسبز

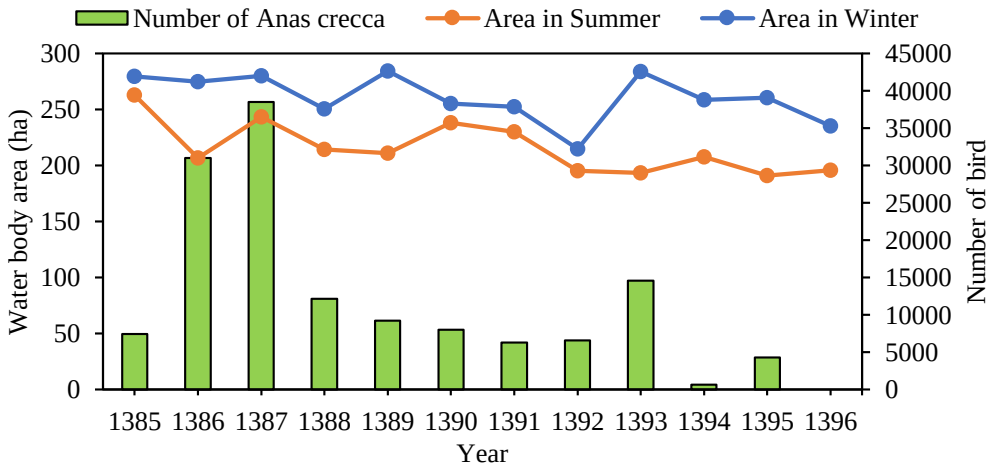

Fig. 12- Changes in the water body area of the wetland in the face of the abundance of the presence of Anas crecca

شکل ۱۲- تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب در مقابل فراوانی حضور خوتکا

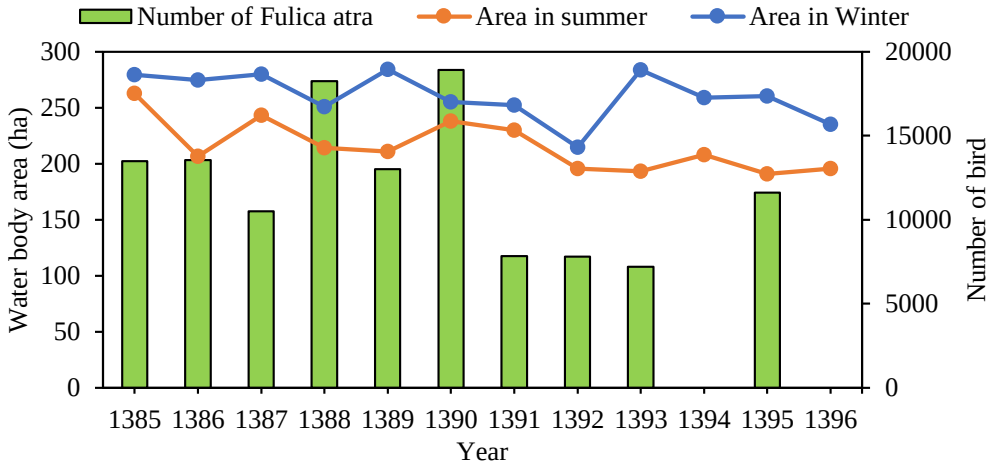

Fig. 13- Changes in the water body area of the wetland in the face of the abundance of the presence of Fluica atra

شکل ۱۳- تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب در مقابل فراوانی حضور چنگر در طول سال‌های مختلف

همان‌طور که قبلاً ذکر شد مهمترین کارکرد اقتصادی- اجتماعی تالاب در شش‌ماهه اول سال، حفظ و ذخیره آب حاصل از بارش و رواناب به‌منظور تأمین شرایط اکولوژیکی مطلوب در فصول کشاورزی (بهار و تابستان) است. یکی از موارد مهم در نگهداری و حفظ آب‌های موجود در تالاب‌ها، استحکام بازوهای خاکی پیرامون تالاب می‌باشد که تالاب امیرکلایه نیز از این امر مستثنا نیست. با توجه به نوع شرایط آب و هوایی منطقه و احتمال وقوع بارش‌های پاییزه و زمستانه، رواناب حاصل از آن‌ها ممکن است موجب شکستن بازوها در مناطقی از تالاب و خروج آب از آن گردد به همین دلیل محل‌های بحرانی بازوها در کل تالاب مورد بررسی قرار گرفت و با انتخاب یک ارتفاع آزاد، متوسط تراز بازوها ۲۵/۹۱- به دست آمد. این تراز به‌عنوان تراز مطلوب تالاب امیرکلایه در شش‌ماهه اول سال آبی انتخاب گردید که می‌تواند به‌طور میانگین عمق آب ۲ متر را در تالاب نگه دارد. با توجه به منحنی سطح- حجم- ارتفاع، مساحت و حجم متناظر با این تراز به ترتیب ۴۸۵ هکتار و ۷/۲۵ میلیون مترمکعب به دست آمد. با توجه به ضوابط مدول توسعه سناریو، علاوه بر تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب در شرایط مطلوب باید نیاز آبی تالاب در شرایط حداقل نیز تعیین گردد. مقدار آب موردنیاز جهت تأمین شرایط اهدف‌گذاری شده حداقل در شش‌ماهه اول در واقع باید براساس تأمین بودجه آبی حداقل در نیمه دوم سال آبی بدست آید. براین اساس حداقل نیاز زیست‌محیطی تالاب در نیمه اول سال آبی از مجموع مقدار آب موردنیاز جهت حفظ شرایط اکولوژیکی حداقل در شش‌ماهه دوم سال و مجموع میزان تبخیر از سطح تالاب و تبخیر تعرق گیاهان تالابی در شش‌ماهه دوم سال همراه با نیاز آبی شرایط اقتصادی- اجتماعی محاسبه شد. حجم آب مورد نظر به منظور حفظ شرایط اکولوژیکی حداقل در شش ماهه دوم سال آبی که قرار است در شش ماهه اول تامین گردد در واقع شرایطی است که متوسط عمق آب در تالاب ۰/۵ متر باشد بطوری‌که مطلوبیت زیستگاه گونه شنگ جهت تغذیه و آب کافی وجود داشته باشد. با استفاده از عمق آب بدست آمده و تعیین تراز سطح آب تالاب و منحنی سطح- حجم- ارتفاع تالاب، حداقل حجم آب برای تأمین شرایط اکولوژیکی برابر ۱/۴۶ MCM به‌دست آمد. مقدار آب مورد نیاز جهت حفظ شرایط اقتصادی- اجتماعی در شش ماهه دوم در واقع همان میزان برداشت از آب تالاب جهت مصارف کشاورزی است. آب موردنیاز اراضی واقع شده در حاشیه تالاب به مساحت ۱۱۵۰ هکتار، در مدت ۵ ماهه از طریق تعداد ۱۰ ایستگاه پمپاژ و تعداد حدود ۱۵۰ دیزل پمپ شخصی ۳ و ۴ اینچی مستقر در حاشیه تالاب تأمین می‌شود. با استفاده از مشخصات ایستگاه‌های پمپاژ، مساحت و محدوده اراضی تحت پوشش آن‌ها در واحد عمرانی D5، نظر کارشناس آب‌سوار منطقه و همچنین با توجه به الگوی کشت محصولات کشاورزی و نیاز آبی آنها در دوره رشد، مقدار آب برداشتی از تالاب، ۲/۰۷ میلیون مترمکعب برآورد گردید. همان‌طور که پیش از این ذکر گردید، مقادیر تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر- تعرق گیاهان تالابی در شش ماهه دوم سال آبی به ترتیب ۱/۵۷ و ۰/۲۶ تخمین زده شد. با توجه به موارد مذکور، حداقل حجم آب اکولوژیکی تالاب از مجموع پارامترهای ذکر شده برابر ۵/۳۶ میلیون مترمکعب به‌دست آمد. نتایج حاصله در جدول ۷ ارائه گردیده است.

در نهایت با توجه به هدف‌گذاری طرح بر اساس تعیین وضعیت تالاب برای شرایط حداقل،مطلوب و وضع موجود (سال آبی ۹۶-۹۵) شرایط تالاب برای این سه حالت در شش‌ماهه اول سال آبی محاسبه و مقادیر

Table 7- The amount of water required to maintain the minimum wetland ecological conditions in the first half of the year in terms of millions of cubic meters

جدول ۷- مقدار آب موردنیاز جهت حفظ شرایط اکولوژیکی حداقل تالاب در شش‌ماهه اول سال برحسب میلیون مترمکعب

Minimum conditions in the first half of the year	Minimum conditions in the second half of the year	Maintaining the minimum ecological conditions in the second half of the year (providing water depth of 0.5 m for fish, which is a source of food for the Eurasian otter)	1.46	Total 5.36
		Maintaining socio-economic conditions in the second half of the year	2.07	
	The amount of evaporation from the wetland	Evaporation from the surface of the wetland	1.57	
		Evapotranspiration of wetland plants	0.26	

هر یک از پارامترهای هیدرولوژیکی در شرایط مختلف در جدول ۸ آورده شده است.

۳-۴-۲- شش‌ماهه دوم سال آبی

توجه به بهره‌برداری از آب تالاب امیرکلایه جهت مقاصد کشاورزی و تامین نیازهای اقتصادی- اجتماعی حاشیه نشینان تالاب از یک طرف و حفظ کارکردهای اکولوژیکی تالاب از طرف دیگر سبب شد تا نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شش ماهه دوم سال آبی براساس دو سناریوی الف) شرایط مطلوب: حالتی که نیاز آبی کشاورزی تامین گردد و شرایط اکولوژیکی تالاب نیز در حد مطلوب حفظ گردد و ب) شرایط حداقل: حالتی که نیاز آبی کشاورزی تامین گردد و شرایط اکولوژیکی تالاب نیز در شرایط حداقل حفظ گردد، محاسبه گردد. لازم به ذکر است مقدار حجم آب مصرفی به منظور تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر تعرق گیاهان تالابی در شش ماهه دوم سال آبی که در بخش قبلی بدست آمد، باید به احجام بدست آمده از سناریوهای الف و ب اضافه گردد تا نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شش ماهه دوم سال تعیین شود.

به‌منظور تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در ۶ ماهه دوم سال آبی در شرایط مطلوب باید به این نکته توجه داشت که ۶ ماهه دوم سال آبی که از فروردین هرسال آغاز شده و تا انتهای شهریور ادامه دارد، همزمان با شروع فعالیت‌های کشاورزی در حاشیه تالاب می‌باشد. با توجه به اینکه شاخص کشاورزی به عنوان مهم‌ترین شاخص از نظر اقتصادی- اجتماعی در تالاب امیرکلایه بدست آمد، نیاز است حجم آب موردنیاز این بخش به‌عنوان عامل تعیین‌کننده وضعیت تالاب محاسبه گردد. نتایج بررسی‌ها نشان داد تبدیل شدن آب‌بندان‌های موجود به زمین زراعی بهمراه تغییر کاربری اراضی حاشیه تالاب و حتی قسمتی از زمین‌هایی که متعلق به تالاب امیرکلایه می‌باشند، به اراضی شالیزاری سبب بالا رفتن نیاز آبی کشاورزی منطقه گشته است. از آنجایی که اراضی حاشیه تالاب امیرکلایه در انتهای شبکه آبیاری زهکشی استان گیلان (واحد عمرانی D5، شبکه سفیدرود) قرار دارد؛ لذا آب کافی به این اراضی نمی‌رسد و رودخانه‌ها و زهکش‌های موجود در منطقه نمی‌توانند نیاز آبی کشاورزی منطقه را تأمین نمایند. در حال حاضر، راه‌حل تصمیم‌گیران محلی و اجرایی (اعم از شوراهای محلی و ادارات تابعه جهاد کشاورزی و آب منطقه‌ای) در این مورد استفاده از آب تالاب به‌عنوان یک منبع مطمئن در فصول رشد گیاه برنج از اوایل اردیبهشت تا مرداد است. بخش عمده‌ای از آب موردنیاز اراضی واقع شده در حاشیه تالاب توسط تالاب تأمین می‌شود که این مقدار با توجه به توضیحات بخش قبل، ۲/۰۷ میلیون مترمکعب برآورد گردید.

عامل مهم بعدی در حفظ شرایط مطلوب، حفظ شرایط اکولوژیکی گونه شاخص اکولوژیکی (مطلوبیت زیستگاه گونه شنگ) است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، عمق آب موردنیاز برای تأمین شرایط اکولوژیکی مطلوب، ۱ متر است.

Table 8- Comparison of the volume and area of the wetland in the minimum, optimal and current conditions in the first half of the water year

جدول ۸- مقایسه حجم و مساحت تالاب در شرایط حداقل و مطلوب و وضع موجود در شش‌ماهه اول سال آبی

Wetland status	Water elevation (m)	Average depth (m)	Waterbody area (ha)	Wetland area (ha)	Wetland volume (MCM)
Optimal conditions	-25.91	2.13	285.32	485.24	7.25
Minimum conditions	-26.31	1.73	241.65	410.97	5.36
Current conditions	-26.11	1.93	263.19	447.61	6.28

با استفاده از عمق آب درنظرگرفته شده و تعیین تراز سطح آب تالاب، حجم آب زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه برای حفظ شرایط اکولوژیکی مطلوب، ۲/۸۴ بدست آمد. جدول ۹، مقدار آب مورد نیاز جهت حفظ شرایط مطلوب در ۶ ماهه دوم سال آبی را نشان می‌دهد.

نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه در شش‌ماهه دوم سال آبی در شرایط حداقل از مجموع حجم آب جهت حفظ شرایط اقتصادی- اجتماعی، تأمین شرایط حداقل اکولوژیکی برای گونه شاخص و حجم آب مصرفی برای تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر- تعرق گیاهان تالابی به دست آمد. حفظ شرایط اقتصادی- اجتماعی با تامین نیاز آبی اراضی شالیزاری حاشیه‌نشینان تالاب برآورد می‌شود که در بخش قبلی بررسی گردید. حال با تأمین حداقل عمق آب موجود به‌منظور برقراری شرایط زنده‌مانی گونه شاخص اکولوژیکی می‌توان حداقل حجم آب موردنیاز اکولوژیکی در تالاب امیرکلایه در شش‌ماهه دوم سال آبی را به دست آورد. حداقل عمق آب روی پوشش گیاهی و زندگی ماهیان تأثیر بسزایی دارد. در سالیان اخیر، رشد پوشش گیاهی تالابی ازجمله نی، لویی و لاله تالابی شروع به افزایش نموده است که دلیل این امر می‌تواند پدیده یوتریفیکاسیون در اثر وارد شدن حجم زیادی از آب‌های زهکشی شده اراضی شالیزاری در بالادست تالاب باشد. در سالیان اخیر این پدیده (رشد لاله تالابی) در کنار زهکش‌های ورودی به تالاب در فصل رویش این گیاه به‌طور کامل اتفاق افتاده و قابل‌رؤیت می‌باشد. از آنجایی که رشد این گیاه رابطه مستقیمی با عمق آب تالاب دارد و کاهش عمق آب سبب افزایش رشد توده این گیاه می‌شود؛ لذا می‌توان نتیجه گرفت عوامل مخربی سبب کاهش عمق آب تالاب در سالیان اخیر شده‌اند. از عوامل مهم برای این کاهش عمق می‌توان به رسوب‌گذاری پوشش‌های گیاهی موجود در تالاب اشاره نمود. پوشش گیاهی موجود در تالاب به غیر از گیاهان حاشیه‌ای، با توجه به دوره رشدشان از بین می‌روند. بقایای این گیاهان به‌صورت رسوب در بستر تالاب انباشته می‌گردد و هرسال بر میزان رسوبات موجود در تالاب افزوده و از عمق آب موجود در تالاب کاسته می‌شود. کاهش عمق آب تالاب به‌شدت روی کیفیت آب و میزان اکسیژن موجود در آب تالاب تأثیر می‌گذارد و کاهش کیفیت و اکسیژن سبب تلفات ماهیان می‌گردد. در بخش قبل اشاره شد مطلوبیت زیستگاه گونه شنگ به عنوان شاخص اکولوژیکی منتخب شامل عمق آب ۰/۵ متر برای لانه‌سازی و عمق آبی که شنگ بتواند تغذیه نماید، است. از آنجایی که ماهی‌ها مهم‌ترین منبع تغذیه گونه شنگ می‌باشند و از بین رفتن شرایط اکولوژیکی ماهی روی سلامت گونه شاخص و سایر زیست‌مندان تالاب اثرات نامطلوبی دارد لذا با انتخاب عمق آب ۰/۵ متر در تالاب به‌منظور تأمین حداقل مطلوبیت زیستگاه برای گونه شنگ، حداقل حجم اکولوژیکی تالاب در شش‌ماهه دوم سال آبی محاسبه گردید. مقدار آب موردنیاز جهت حفظ شرایط حداقل در شش‌ماهه دوم سال در جدول ۱۰ آمده است. درنهایت با توجه به هدف‌گذاری طرح بر اساس تعیین وضعیت تالاب برای شرایط حداقل، مطلوب و وضع موجود شرایط تالاب برای این سه حالت در شش‌ماهه دوم سال آبی جمع‌بندی شده و مقادیر تراز سطح آب، مساحت و حجم تالاب در شرایط مختلف در جدول ۱۱ آورده شده است.

Table 9- The amount of water required to maintain the optimal wetland conditions in the second half of the year in terms of millions of cubic meters

جدول ۹- مقدار آب موردنیاز جهت حفظ شرایط مطلوب در شش‌ماهه دوم سال برحسب میلیون مترمکعب

Optimal wetland conditions in the second half of the year	The volume required for maintaining the optimal ecological conditions in the second half of the year	2.84	Total 6.74
	The volume required for maintaining the socio-economic conditions in the second half of the year	2.07	
	Evaporation from the surface of the wetland	1.57	
	Evapotranspiration of wetland plants	0.26	

Table 10- The amount of water required to maintain the hydrological conditions of the wetland in the second half of the year in terms of millions of cubic meters

جدول ۱۰- مقدار آب موردنیاز جهت حفظ شرایط حداقل در شش‌ماهه دوم سال برحسب میلیون مترمکعب

Minimum conditions in the first half of the year	Minimum conditions in the second half of the year	Maintaining the minimum ecological conditions in the second half of the year (providing water depth of 0.5 m for fish, which is a source of food for the Eurasian otter	1.46	Total 5.36
		Maintaining socio-economic conditions in the second half of the year	2.07	
	The amount of evaporation from the wetland	Evaporation from the surface of the wetland	1.57	
		Evapotranspiration of wetland plants	0.26	

Table 11- Comparison of the volume and area of the wetland in the minimum, optimal and current conditions in the second half of the water year

جدول ۱۱- مقایسه حجم و مساحت تالاب در شرایط حداقل و مطلوب و وضع موجود در شش‌ماهه دوم سال آبی

Wetland status	Water elevation (m)	Waterbody area (ha)	Wetland area (ha)	Wetland volume (MCM)
Optimal	-26.01	273.80	465.65	6.74
Minimum	-26.31	241.65	410.96	5.36
current condition	-27.18	161.31	274.34	2.25

۳-۴-۳- مقایسه وضعیت تالاب امیرکلایه در شرایط موجود و شرایط هدف‌گذاری شده

در شکل ۱۴ مقادیر حجم آب تالاب شرایط وضع موجود (سال آبی ۹۶-۱۳۹۵) نسبت به شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب به‌صورت ماهانه مقایسه شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در اواخر شش‌ماهه اول سال آبی ۹۶-۹۵ (اسفندماه) اگرچه شرایط مطلوب تأمین نشده اما نسبت به شرایط حداقل حدود ۰/۹۲ میلیون مترمکعب آب بیشتری ذخیره شده است. این در حالی است که در شش‌ماهه دوم سال آبی، حتی شرایط حداقل هم تأمین نشده است و فاصله معناداری بین شرایط موجود با شرایط حداقل و مطلوب دارد به‌طوری که در تیرماه حجم تالاب حدود ۳/۱۱ میلیون مترمکعب کمتر از شرایط حداقل و حدود ۴/۴۹ میلیون مترمکعب کمتر از شرایط مطلوب است. همانطور که ذکر شد دلیل عمده نامناسب بودن شرایط تالاب در نیمه دوم سال آبی و بخصوص در ماه‌های خرداد تا شهریور برداشت بیش از حد آب از تالاب برای مصارف کشاورزی و افزون بر میزان تغذیه تالاب از سفره آب زیرزمینی می‌باشد. به نظر می‌رسد در صورت عدم مدیریت مناسب در آینده‌ای نزدیک می‌توان شاهد وارد آمدن آسیب‌های جبران‌ناپذیری به تالاب امیرکلایه مخصوصاً در فصل تابستان بود.

۴- نتیجه‌گیری

تالاب بین‌المللی امیرکلایه واقع در استان گیلان در سالیان اخیر در معرض ورود رواناب‌های کشاورزی آلوده به سموم و کود، برداشت آب به‌منظور کشاورزی و رویش گیاهان غوطه‌ور و حاشیه‌ای که بر وضعیت اکولوژیکی آن تأثیراتی منفی برجای گذاشته، بوده است. با توجه به نقش کلیدی آب در کارکردهای وابسته به اکوسیستم‌های آبی مانند تالاب امیرکلایه، تعیین مقدار آب موردنیاز جهت حفظ ارزش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی- اجتماعی ذینفعان مرتبط با آن ضروری است.

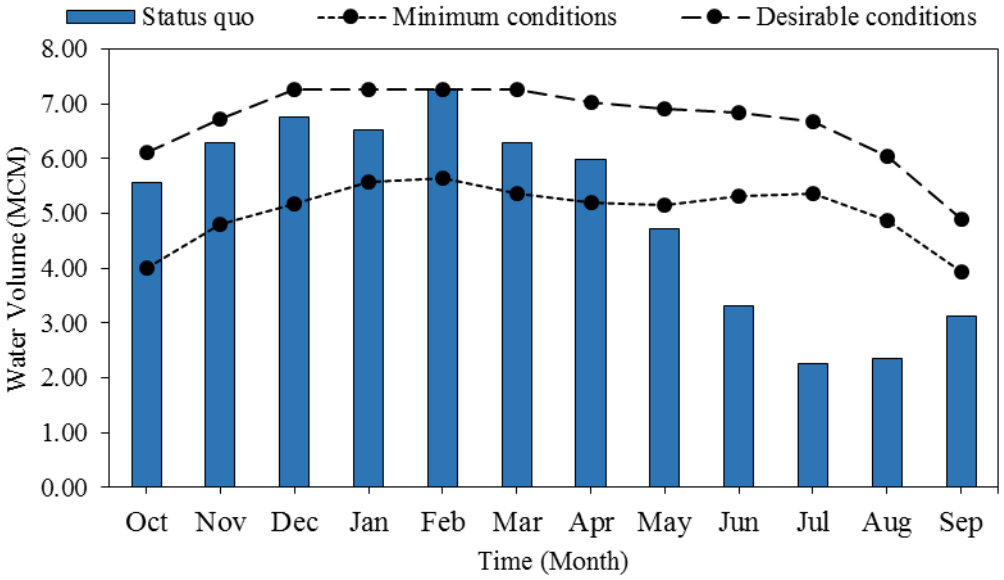

Fig. 14- Water volume of Amirkalayeh wetland in the minimum and optimum ecological conditions in comparison with the current situation

شکل ۱۴- حجم آب تالاب امیرکلایه در شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب در مقایسه با وضع موجود

روش‌های مختلفی برای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها وجود دارد که شامل رویکردهای هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و جامع است. روش به کار گرفته‌شده در این تحقیق یک روش جامع مبتنی بر سناریوسازی با رویکرد از پایین به بالا می‌باشد. در این روش ابتدا مطالعات جامعی از وضعیت پارامترهای پایه شامل مطالعات عمومی حوضه آبریز، مطالعات فیزیکوشیمیایی (ریخت‌شناسی، هوا و اقلیم و منابع آب)، مطالعات تنوع زیستی (اکولوژی و بیولوژیکی) و مطالعات مسائل اقتصادی- اجتماعی ذینفعانی که با تالاب‌ها در ارتباط هستند صورت پذیرفت و در نهایت با تلفیق نتایج حاصله از دو بخش اکولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی حجم آب زیست‌محیطی تالاب در دو بازه زمانی شش‌ماهه اول و شش‌ماهه دوم سال آبی برای سناریوهای حداقل و مطلوب تعریف و با شرایط وضع موجود مقایسه گردید. نتایج نشان داد مقدار حجم آب زیست‌محیطی تعیین شده در شش ماه اول سال آبی در شرایط مطلوب ۷/۲۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. این حجم آب می‌تواند میانگین عمق ۲ متر در تالاب امیرکلایه را تأمین نماید. مقدار حجم آب به دست آمده جهت تأمین شرایط حداقل در شش‌ماهه اول سال آبی، از مجموع حجم آب موردنیاز برای شرایط حداقل اکولوژیکی (۱/۴۶ میلیون مترمکعب)، نیاز آبی اقتصادی- اجتماعی (۲/۰۷ میلیون مترمکعب) و مقدار تبخیر کل (۱/۸۳ میلیون مترمکعب) برابر با ۵/۳۶ میلیون مترمکعب به دست آمد. همچنین مقدار آب موردنیاز جهت تأمین شرایط مطلوب در شش‌ماهه دوم سال آبی از مجموع نیاز آبی مطلوب اکولوژیکی (۲/۸۴ میلیون مترمکعب)، نیاز آبی اقتصادی- اجتماعی (۲/۰۷ میلیون مترمکعب) و مقدار تبخیر کل (۱/۸۳ میلیون مترمکعب) برابر با ۶/۷۴ میلیون مترمکعب به دست آمد. همچنین مقدار آب موردنیاز جهت تأمین شرایط حداقل در این دوره برابر با مجموع نیاز آبی حداقل اکولوژیکی (۱/۴۶ میلیون مترمکعب)، نیاز آبی اقتصادی- اجتماعی و مقدار تبخیر کل (۱/۸۳ میلیون مترمکعب) به مقدار ۵/۳۶ میلیون مترمکعب برآورد شد.

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، به‌منظور جلوگیری از تعارض بین حقابه زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه و مقدار حجم آب مصرفی اراضی شالیزاری حاشیه تالاب بخصوص برداشت‌های بیش از حد از آب موجود در تالاب در شش‌ماهه دوم سال آبی که مصادف با دوره رشد برنج است، باید تمهیداتی در مدیریت تخصیص منابع آب حریم تالاب صورت پذیرد. یکی از این راهکارها اختصاص منابع آب ورودی جدید به اراضی حاشیه تالاب مانند لایروبی آب‌بندان‌های موجود است؛ به‌طوری که با جمع‌آوری آب باران در فصول سرد سال بتوان از آن‌ها به‌عنوان یک منبع کلیدی در زمان کشاورزی در فصول گرم سال استفاده کرد. در شش‌ماهه اول سال آبی با تقویت بازوهای بحرانی و افزایش ارتفاع آن‌ها می‌توان حجم آب بیشتری در تالاب ذخیره نمود تا بتوان ضمن تأمین آب موردنیاز برای مصارف کشاورزی، شرایط اکولوژیکی تالاب در شش‌ماهه دوم سال آبی را در وضعیت مناسبی حفظ کرد. راهکار دوم می‌تواند جلوگیری از انباشت رسوبات آلی بیش از حد در داخل تالاب باشد. این رسوبات حاصل از پوسیده شدن بقایای گونه‌های گیاهی در داخل تالاب در فصول مختلف بخصوص فصل سرد است. رسوب‌گذاری صورت گرفته موجب افزایش تراز کف بستر شده و در پی آن عمق و حجم آب ذخیره‌شده در تالاب کاهش می‌یابد. راهکار سوم و مهم‌تر و عملی‌تر از دو راهکار دیگر، برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه میزان استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ جهت آبیاری اراضی کشاورزی در حاشیه تالاب و استفاده از رودخانه سید علی اکبری در غرب تالاب است. باید در نظر داشت که نحوه برداشت از این رودخانه مستلزم رعایت حقابه‌های مربوط به سایر مصرف‌کنندگان است. درنهایت می‌توان گفت با اعمال مدیریت صحیح و یکپارچه منابع آب در حوضه بالادست و مدیریت صحیح مؤلفه‌های ورودی و خروجی در معادله بیلان تالاب، می‌توان تا حد امکان حجم آب تالاب امیرکلایه را به مقداری رساند که بیشترین بهره‌وری اقتصادی از کارکردها و خدمات موجود در تالاب با درنظر گرفتن تمامی ذینفعان صورت پذیرد. بیلان آبی تالاب امیرکلایه نشان داد که احجام محاسبه‌شده برای شرایط حداقل و مطلوب اکولوژیکی قابل‌دستیابی در همین شرایط کنونی است. احجام پیشنهادی قابلیت استفاده به‌عنوان مبانی پایه برای توسعه سند راهبردی و مدیریتی تالاب امیرکلایه را دارند. این مطالعه نشان داد که استفاده از تفکر مبتنی بر مدیریت یکپارچه و یا به عبارت دیگر جامع‌نگر می‌تواند راه تعاملات بین سازمانی را از یک طرف و دولت و بهره‌برداران را از طرف دیگر چنان تأمین نماید که با تأمین منافع همه ذینفعان به توسعه پایدار منطقه‌ای دست یابد.

پی‌نوشت‌ها

1- Holistic
2- Building Block Method
3- Downstream Response to Imposed Flow Transformation

۵- مراجع

Anonymous (2004) Report on improvement of irrigation and drainage network Guilan Sefidrud. Guilan Regional Water Authority (In Persian)

Arthington AH, Rall JL, Kennard MJ, Pusey BJ (2003) Environmental flow requirements of fish in Lesotho

Research Commission Technology Transfer Report No. TT131/00. Pretoria, South Africa

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

Mirzaei R, Karami M, Danehkar A, Abdoli A (2009) Habitat quality assessment for the Eurasian otter on the river Jajrood, Iran. Hystrix 20(2):161-167

Modaberi H, Shokoohi A (2019) Determining Anzali Wetland environmental water requirement using eco-hydrologic methods. Iran-Water Resources Research 15(3):91-104 (In Persian)

Modaberi H, Shokoohi A (2020) Evaluating the effects of reducing environmental water requirement of Anzali Wetland on its ecological services in an IWRM framework. Journal of Ecohydrology 7(2):481-496 (In Persian)

Nasiri Gheidari N, Montazer A, Momeni M (2010) Using analytical hierarchy process and TOPSIS technique to determine the aggregate weight of indicators and performance assessment of irrigation and drainage networks. Iranian Journal of Lrrigation and Drainage 4(2):284-296 (In Persian)

Nikghalb S, Shokoohi A, Singh VP, Yu R (2016) Ecological regime versus minimum environmental flow: Comparison of results for a river in a semi Mediterranean region. Water Resources Management 30(13):4969-4984

Ramsar Convention (2012) Water allocation and management. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands. 4th Edition, vol. 10, Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, www.Ramsar.org.

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

Shokoohi A, Amini M (2014) Introducing a new method to determine rivers' ecological water requirement in comparison with hydrological and hydraulic methods. International Journal of Environmental Science and Technology 11(3):747-756

Sparks RE (1992) Risks of altering the hydrologic regime of large rivers. Pages 119-152 in Cairns J, Niederlehner BR, Orvos DR, eds., Predicting Ecosystem Risk, Vol XX. Advances in Modern Environmental Toxicology, Princeton (NJ): Princeton Scientific Publishing Co.

Tharme RE, King JM (1998) Development of the building block methodology for instream flow Rivers using the DRIFT methodology. River Research and Applications 19(5-6):641-666

Arthington AH, Brizga SO, Kennard MJ (1998) Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Best practice framework. Report OP 25/98. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra

Ashoori A, Abdoos A (2013) Important wetland habitats for the waterbirds of Gilan, Iran. Katibeh Gilan, 260 p (In Persian)

Asri Y, Moradi A (2006) Plant associations and phytosociological map Amirkelaieh protected area. Pajouhesh-va-Sazandegi Journal 19(1):54-64 (In Persian)

Behrouzirad B (2008) Wetlands of Iran. National Geographical Organization Publication 798p (In Persian)

Bouklia-Hassane R, Yebdri D, Tidjani A (2016) Prospects for a larger integration of the water resources system using WEAP model: A case study of Oran province. Journal of Desalination and Water Treatment 57(13):5971-5980

Conservation of Iranian Wetlands Project (2013) Guide and stylebook to calculate a wetlands water requirements. Golden Publication

Dunbar MJ, Acreman MC, Kirk S (2004) Environmental flow setting in England and wales: strategies for managing abstraction in catchments. Water and Environment Journal 18(1):5-10

Golmohamadi A, Shariati F (2016) Trofic state of Amirkelaieh wetland in Guilan province with TSI index. Journal of Wetland Ecobiology, Islamic Azad University, Ahvaz branch 8(30):63-72 (In Persian)

Hadipour E, Karami M, Abdoli A, Riazi B, Goljani R (2011) A study on Eurasian Otter (Lutra lutra) in amirkelayeh wildlife refuge and international wetland in Guilan Province, Northern Iran. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 28(2):84-98

Karami M, Dehdar Dargahi M, Hamzepour M (2012) Habitat suitability index model of Common Otter (Lutra lutra) in prohibited hunting area, Deylaman–Dorfak. Journal of Natural Environmental 65(1):127-137 (In Persian)

King JM, Brown C, Sabet H (2003) A scenario-based holistic approach to envrionmental flow assessments for rivers. River Research and Applications 619-639

King, JM, Tharme RE, Villiers MS (2000) Environmental flow assessments for rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water

Vafajo Dianati M, Khara H, Bani A, Kasemi R, Saemi M (2013) Indagate biometry and gonado somatic index in male perch (Perca Fluviatilis Linnaeus,1785) in Lahijan Amirkelaieh wetland. Journal of Aniamal Physiology and Development 6(1):29-36 (In Persian)

Zou Y, Duan X, Xue Z, Mingju E, Sun M, Lu X (2018) Water use conflict between wetland and agriculture. Journal of Environmental Management 224:140–6

assessments, and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems. Water Research Commission Report No. 576/1/98

Tharme R E (2003) A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications 19(5–6):397–441