مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر رهاسازی جریان براساس دستورالعمل‌های زیست‌محیطی رودخانه‌ها بر بیلان آبی تالاب انزلی

علیرضا شکوهی[1*]، هادی مدبری[2] و حسین منجزی[3]

۱) استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۲) عضو هیئت علمی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران.
۳) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد منابع آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره دو (٤٦)
زمستان ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۷/۲۴

صفحات: ٤٩-٣١

چکیده:

زمینه و هدف: افزایش تقاضا برای مصرف آب باعث تشدید مناقشه‌ای پیچیده بین بخشهای کشاورزی، شرب و همچنین صنعت شده است. هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر کاهش دبی رودخانه‌های ورودی به تالاب بر اساس دستورالعمل‌های زیست محیطی بر بیلان آب تالاب میباشد. با توجه به قرارگیری تالاب انزلی در پایین‌دست یک حوضه آبریز، تعیین حداقل جریان رودخانههای ورودی به آن به نحوی که بتوان زنده‌مانی و پویائی اکوسیستم پایین‌دست را تضمین نمود، ضروری می‌باشد.

روش پژوهش: در این تحقیق ابتدا جریان تنظیمی رودخانه براساس سناریوهای زیستمحیطی در روش‌های تنانت، تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان برآورد شدند، سپس تأثیر تخصیص دبی در هر سناریو بر بیلان آب تالاب و درنهایت حجم تالاب مورد بررسی قرار گرفت. به منظور محاسبه بیلان آب تالاب انزلی، تغییرات حجم تالاب در هرماه مشخص گردید. به منظور محاسبه تغییرات حجم تالاب در هر ماه لازم بود که حجم تالاب در دو ماه متوالی محاسبه شود. با توجه به دبی جریان زیست محیطی، تراز دریای خزر و تبخیر خالص در ماه اسفند و بر اساس معادله بیلان، حجم تالاب در ماه اسفند به عنوان شرایط اولیه محاسبه شد. سپس به ازای جریان زیست محیطی در مقیاس ماهانه، اختلاف تراز سطح آب تالاب با دریا بدست آمد. در مرحله بعد با توجه به مقادیر تراز سطح دریا، تراز سطح آب تالاب نیز محاسبه گردید. سپس بر اساس روابط سطح-حجم-ارتفاع مخزن تالاب، حجم تالاب نیز به دست آمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین دبی جریان زیستمحیطی و به تبع آن بیشترین حجم تالاب از اعمال روش انتقال منحنی تداوم جریان و کمترین آن از اعمال سناریوی محافظه‌کارانه روش تنانت بدست می‌آید. ارزیابی حجم تالاب در سناریوهای تخصیص جریان برمبنای دستورالعمل‌های زیست‌محیطی تعریف شده برای رودخانه‌ها نشان داد که رهاسازی جریان در محدوده دبی‌های زیست‌محیطی قادر به تأمین شرایط اکولوژیکی مناسب و همچنین شرایط مناسب برای گردشگری نمی‌باشد. لذا اتخاذ تصمیم در مورد هر نوع برداشت آب در بالادست نیازمند تحلیل جامع بیلان آب تالاب می‌باشد. با اعمال مدیریت صحیح مؤلفه‌های ورودی و خروجی در معادله بیلان تالاب، می‌توان تا حد امکان حجم آب تالاب انزلی را به مقداری رساند که بیشترین بهره‌وری اقتصادی از کارکردها و خدمات موجود در تالاب با درنظرگرفتن تمامی ذینفعان صورت پذیرد.

نتایج: مطالعه حاضر این نتیجه مهم را بدست می‌دهد که امکان بهره‌برداری از هیچیک از رودخانه‌های ورودی تالاب انزلی حتی با شرط رعایت ملاحظات زیست محیطی در رودخانه‌ها وجود نداشته و پیش از تصمیم‌گیری در مورد هرگونه بهره‌برداری و ساخت سدهایی همچون سد شفارود، لازم است واکنش تالاب بدان مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. به منظور کاربردی نمودن نتایج این تحقیق باید اذعان داشت که شناخت مولفه‌های بیلان و رعایت حقابه زیستمحیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی به ویژه در مواردی که تالاب مشمول مقررات خاص و رقابت بهرهبرداران متعدد باشد، از اهمیت دوچندانی برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: بیلان تالاب، برداشت مجاز، روش تنانت، روش تگزاس، GEFC

10.30495/WSRCJ.2022.67333.11302

مقدمه

مهمترین دغدغه فکری در مدیریت کلان آب در سراسر جهان ایجاد توازن بین نیازهای اکوسیستم‌های آبی و سایر مصارف آب در بخش‌های مختلف در سطح حوضه می‌باشد (King et al., 2008). برآورد و تخصیص حداقل نیاز آبی پایین‌دست بر اساس ضرورت‌های اکوسیستمی و اجتماعی امری اجتناب‌ناپذیر و حیاتی است بطوریکه در هیچ شرایطی نباید حق حقابه‌داران طبیعی و انسانی از بین برود. مصرف معقول آب برای صاحبان حقابه‌های موجود، ملزومات توسعه پایدار و مدیریت بهتر حوضه آبریز را فراهم می‌آورد. نیاز آبی رودخانه و تالاب باید به‌طور مجزا در هر یک از مناطق مطالعاتی برآورد شود، زیرا الزاماً تأمین جریان زیست‌محیطی رودخانه در محل منتهی به تالاب معادل تأمین نیاز موردنیاز تالاب نیست. مشکل بزرگی که در ایران در طول تمام سال‌های گذشته وجود داشته است عدم وجود سیاست روشن در ارتباط با تعیین حداقل میزان آب زیست‌محیطی برای رودخانه‌ها بطور کلی و بطور خاص برای رودخانه‌هایی که اکوسیستم‌های حساسی چون تالاب‌ها در پایین‌دست آنها وجود دارند، می‌باشد. آنچه در ایران برای تعیین حق‌آبه رودخانه‌ها و البته بدون توجه به اکوسیستم پایین دست مرسوم بوده، استفاده از روش تنانت به عنوان یک روش هیدرولوژیکی ساده و تعیین یک دبی ثابت سالانه در بهترین شرایط ماهانه است (Shokoohi and Yong, 2011). برای تعیین حق‌آبه تالاب‌های ساحلی مانند تالاب انزلی مطالعات محدودی انجام شده و اکثر آنها بدون توجه به شرایط بالادست عملاً روی روش‌های هیدرولوژیکی متمرکز بوده است (Modaberi and Shokoohi; 2019; 2020). در روش‌های هیدرولوژیکی، اطلاعات مربوط به رژیم جریان قبل از توسعه، از آمار تاریخی بدست آورده می‌شوند. در این روش فرض می‌شود که اکوسیستم به رژیم آبی قبل از توسعه عادت کرده است و از این رو احیای آن رژیم منجر به حفظ یک اکوسیستم سالم خواهد شد (Tharme, 2003). تمرکز اصلی در مدیریت تالاب و از دیدگاهی هیدرولوژیکی، در مواردی که تقاضا برای مصرف آب زیاد و برگشت به شرایط قبل از توسعه امکان‌پذیر نباشد، بازگشت به رژیم تاریخی تالاب (تا حد ممکن) می‌باشد. شایان ذکر است که مطالعات انجام شده در ایران و جهان مؤید این مطلب می‌باشد که تأکید روش‌های هیدرولوژیکی برای تخصیص، اغلب مبتنی بر تأمین جریان‌های حداقل زیست محیطی است.

برخلاف تالاب، مطالعات مربوط به تعیین جریان زیست محیطی رودخانه‌ها در ایران سابقه‌ای در حدود یک دهه دارد که در ادامه به جدیدترین آنها اشاره می‌شود. در مطالعه‌ای ختار و شکوهی به ارزیابی و اصلاح روش تگزاس به عنوان یک روش هیدرولوژیکی برای ارائه رژیم اکولوژیکی در رودخانه‌های دائمی پرداخته‌اند. در این تحقیق ضمن اثبات ارزش روش تگزاس و همچنین تفاوت بین نتایج این روش با رژیم تاریخی مشاهده شده در قالب یک مطالعه موردی، روش تگزاس توسعه داده شد و توانست رژیم اکولوژیکی رودخانه بعد از برداشت جریان را بین دو محدوده‌ی حداقل و میانگین جریان تاریخی در مقیاس ماهانه تضمین و تأمین نماید. مهمترین دستاورد این تحقیق آن بود که نشان داد هر دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده به عنوان یک روش هیدرولوژیکی می‌توانند جایگزین روش تنانت شوند و در عین حال رژیم بهنگام رودخانه را همانند روش‌های پیچیده شبیه‌سازی زیستگاه، مشابه رژیم نابهنگام و تاریخی رودخانه بدست دهند(Khatar and Shokoohi, 2020) . در تحقیق به منظور ارزیابی جریان زیست محیطی رودخانه، روش‌های هیدرولوژیکی مانند تنانت، جریان پایه آبزیان، تسمن، منحنی تداوم جریان و انتقال منحنی تداوم جریان استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که روش منحنی تداوم جریان از کارآیی بیشتری بر روی رودخانه مورد نظر (رودخانه هررود لرستان) برخوردار است زیرا در این روش کلاس‌های مدیریتی اکولوژیکی در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر این روش به نوسان‌های طبیعی جریان رودخانه

نیز توجه کرده و آن را در جریان زیست محیطی محاسبه شده لحاظ می‌کند (Yousefi et al., 2021).

بررسی مطالعات پیشین نشان داد که تحقیقات محدودی در زمینه مدیریت یکپارچه و ارتباط بین جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌ها و تالاب‌هایی که در پائین‌دست آنها قرار دارد صورت گرفته است. Yang et al. (2016) در مطالعه‌ای به بررسی استراتژی‌های مدیریتی جریان زیست‌محیطی بر اساس یکپارچگی کمیت و کیفیت آب بر روی تالاب بیانگدیان[1] در چین پرداختند. در این مطالعه برای بررسی اثرات تغییر جریان در اکوسیستم‌ها با توجه به میزان آلودگی‌های مختلف و شناسایی تغییرات در مکانیسم آن، یک مدل هیدرولوژیکی و اکولوژیکی دوبعدی با ۲۱ سناریو برای درک ویژگی‌های اکوسیستم در پاسخ به جریان‌های مختلف زیست‌محیطی و استانداردهای کیفیت آب توسعه داده شد. نتایج نشان داد که جریان زیست‌محیطی باید حداقل ۲ مترمکعب بر ثانیه باشد تا از تخریب تالاب جلوگیری گردد و جریان زیست‌محیطی باید در سال‌های مختلف بین ۹-۱۳/۵ مترمکعب بر ثانیه حفظ شود. علاوه بر آن کیفیت آب نیز باید همیشه در سطح بالاتری از کلاس چهارم استاندارد چین باشد. منگ و همکاران 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 نحوه صحیح عملکرد سیستم 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 درنظرگرفته شد. در این ارتباط چندین سناریو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تأثیر فعالیت‌های انسانی بر میزان جریان ورودی به تالاب بررسی شد. نتایج مطالعات نشان داد که راندمان کل شبکه زیست‌محیطی تعریف شده در حوضه این رودخانه رو به کاهش بوده و تضاد بین تأمین آب و تقاضای آب به طور فزاینده‌ای جدی شده است و مصارف کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده منابع آب است (Meng et al., 2019). برای تعیین مقدار آب مورد نیاز اکولوژیکی تالاب شیانگهای در چین، ژو و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییرات فصلی آب رودخانه‌های بالادست تالاب پرداختند. در این مطالعه چارچوبی کلی برای محاسبه تقاضای آب اکولوژیکی تالاب، ظرفیت تأمین آب رودخانه و تأمین آب اکولوژیکی تالاب و آبیاری محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن نوسانات فصلی جریان ارائه شد. نتایج نشان داد که مقدار آب مورد نیاز برای عملکرد اکولوژیکی تالاب بیشترین تقابل را با آب مورد نیاز برای کشاورزی دارد و تغییرات بارندگی در فصول مختلف سال مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار بر روی رشد گیاهان در تالاب است (Zou et al., 2019). در پژوهشی خدمات استفاده‌ای تالاب شادگان توسط منتظرحجت و همکاران ارزش‌گذاری شد. بر اساس یافته‌های آن تحقیق، ارزش اقتصادی استفاده‌ای تالاب بین‌المللی شادگان بسیار قابل توجه بوده و ساکنان تالاب ضمن موافقت با برنامه‌های حمایتی دولت، تمایل به حفاظت از تالاب دارند (Montazerhojat et al., 2013). مدبری و شکوهی در مطالعه‌ای به تعیین نیاز آبی زیست محیطی تالاب انزلی با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی پرداختند. در این پژوهش نیاز آبی تالاب براساس یک رویکرد ترکیبی با هدف‌گذاری شرایط حداقل و مطلوب برای اکوسیستم تالاب به دست آمد. در این راستا با برقراری رابطه عمق و تراز آب تالاب با آشیانه سازی و جوجه آوری پرنده پرستوی دریائی تیره روی گیاه آبزی سه کوله خیز در سال‌ها و بخش‌های مختلف تالاب، تراز اکولوژیکی تالاب در دو سطح حداقل تراز اکولوژیکی با مقدار ۲۶- متر و تراز اکولوژیکی مطلوب با مقدار ۲۵/۷- متر تعیین گردید و در نهایت با استفاده از منحنی سطح-حجم- ارتفاع محاسبه شده برای تالاب انزلی، دو حجم ۱۸۲ میلیون مترمکعب و ۲۳۷ میلیون مترمکعب به ترتیب به عنوان دو حد حداقل و مطلوب زیست‌محیطی تعیین گردیدند

[1] Baiyangdian

(Modaberi and Shokoohi, 2019). این دو محقق در مطالعه‌ای دیگر، به تعیین نیاز آبی تالاب انزلی براساس ترکیب شاخص‌های اکولوژیکی و گردشگری پرداخته و موضوعات اقتصادی-اجتماعی که با معیشت جوامع انسانی مرتبط هستند را نیز درنظر گرفتند و نشان دادند که حجم آب لازم برای مقاصد گردشگری در تالاب انزلی برابر با ۱۳۰ میلیون مترمکعب است که ۵۰ میلیون مترمکعب بیشتر از حجم کنونی تالاب می‌باشد (Modaberi and Shokoohi, 2020-b). در مطالعه‌ای دیگر نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب امیرکلایه براساس رویکرد جامع‌نگر با درنظرگرفتن تضاد بین استفاده از آب برای کشاورزی و حفظ تالاب تعیین شد. 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. 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 و در شرایط حداقل برای تمام سال ۵/۳۶ میلیون مترمکعب برآورد شد (Modaberi and Shokoohi, 2020-d). یکی دیگر از معدود مطالعات انجام شده در خصوص تالابها در ایران، مطالعه‌ای است که در آن به ارزیابی اثرات کاهش حقابه بر خدمات اکولوژیکی تالاب انزلی در چارچوب مدیریت یکپارچه منابع آب[1] (IWRM) (IWRM) پرداخته شد و در آن از یک مدل مفهومی برگرفته از مبانی IWRM برای ارزیابی خسارت‌های اقتصادی حاصل از تخریب شرایط اکولوژیکی تالاب استفاده به عمل آمد. با تعریف وضعیت مطلوب و همچنین حداقل قابل قبول تالاب انزلی از نظر سلامت اکولوژیکی، ارزش اقتصادی کارکردها و خدمات تالاب در چهارچوب اهداف درنظر گرفته شده برای مدیریت یکپارچه در ترازهای اکولوژیکی متناظر بدست آمد. نتایج نشان داد که تالاب انزلی در آن شرایط از اوضاع اکولوژیکی مناسبی برخوردار نبوده است. برای کمی کردن این ارزیابی، در ابتدا ارزش اقتصادی کل تالاب از مجموع ارزش استفاده‌ای مستقیم، ارزش استفاده‌ای غیرمستقیم و ارزش غیراستفاده‌ای آن برآورد شد و با معرفی شاخص‌هایی برای مشاغل اصلی مرتبط با تالاب نشان داده شد که برهم خوردن توازن هیدرولوژیکی از طریق لطمه زدن به خدمات اکولوژیکی ملموس تالاب انزلی چه اثراتی بر ارکان مدیریت یکپارچه منابع آب در سیستم مزبور برجای گذاشته است (Modaberi and Shokoohi, 2020-a).

مهمترین هدف این تحقیق آن است که حساسیت اکوسیستم پایین‌دست یعنی تالاب انزلی را نسبت به مدیریت منابع آب بالادست نشان دهد. از آنجایی که یکی از منابع مهم تأمین آب تالاب انزلی، رودخانه‌های ورودی به آن می‌باشد لذا تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی این رودخانه‌ها به نحوی که بتواند زنده‌مانی و پویائی اکوسیستم پایین‌دست را تنظیم نماید، ضروری می‌باشد. اگرچه تالاب انزلی دارای ارزش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی قابل‌توجهی است اما در چند دهه اخیر با مشکلات عدیده‌ای مواجه شده است که نوسان و تغییر سطح آب تالاب یکی از این مشکلات است (Javdankherad et al., 2011). در حال حاضر تالاب با کاهش سطح و عمق آب روبرو شده، به‌طوری‌که عمق آن در عمیق‌ترین نقاط از حدود ٦ متر به حدود ۱/۵ متر کاهش یافته است. این کاهش اگرچه با نوسانات سطح آب دریای خزر ارتباط دارد اما نمی‌توان اثر عدم مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه آبریز تالاب انزلی و فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در آن را نادیده گرفت (Modaberi and Shokoohi, 2020-c). از این رو شناخت سرویس‌های تالاب‌ها نیاز به شناخت شرایط هیدرولوژیکی تالاب‌ها دارد تا بتوان آب کافی برای

[1] Integrated Water Resource Management

رسیدن به نیاز زیست‌محیطی و اثرات اکولوژیکی مطلوب را تأمین کرد. بنابراین، تعیین میزان جریان ورودی به تالاب برای حفظ سطح مناسب آب می‌تواند به این اکوسیستم‌ها کمک کند تا نقش بیولوژیکی خود را در دوره‌های کمبود آب بهتر انجام دهند. در این ارتباط قرار است نشان داده شود که انحراف آب رودخانه‌های بالادست و تخصیص جریان زیست محیطی رودخانه براساس دستورالعمل‌هایی که برای رودخانه‌ها تدوین شده است و بدون توجه به نیاز زیست محیطی تالاب در پایین دست می‌تواند مشکل آفرین باشد. یکی دیگر از اهداف مهم این تحقیق، مقایسه تأثیر روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب بر روی معادله بیلان هیدرولوژیکی – اکولوژیکی تالاب است. در این پژوهش ارزیابی تعیین جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌های ورودی به تالاب با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تگزاس اصلاح‌شده و روش انتقال منحنی تداوم جریان صورت می‌گیرد.

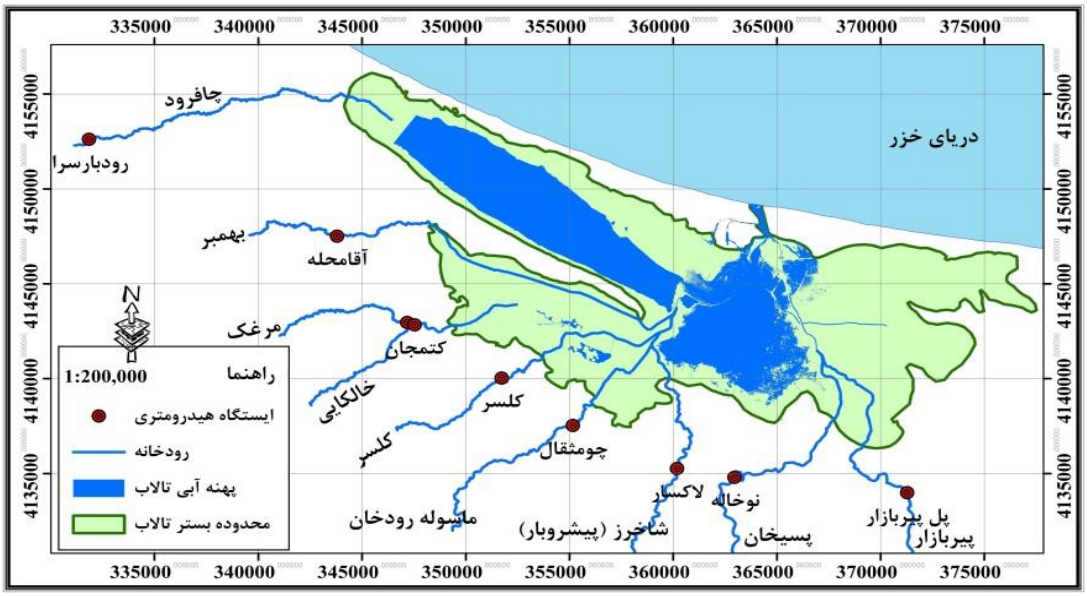
مواد و روش‌ها

۱-۱. منطقه موردمطالعه

تالاب بین‌المللی انزلی در جنوب شرقی دریای خزر واقع گردیده و به‌عنوان یک ناحیه زیست‌محیطی از ارزش فراوانی برخوردار است و با وسعتی در حدود ۱۵۰۰۰ هکتار یکی از ۲۴ تالاب بین‌المللی ایران است که در سال ۱۳۵۴ به همراه ۱۸ تالاب دیگر به دفتر کنوانسیون رامسر معرفی شد (Conservation Of Iranian Wetlands Project, 2013). این تالاب در ایجاد رطوبت و بهبود شرایط آب و هوائی ناحیه پیرامون خود و همچنین کنترل سیلاب نقش مهمی داشته و محلی مناسب برای پژوهش‌های گیاه‌شناسی، جانورشناسی و سایر علوم زیستی است (Ashouri and Abdous, 2012). از لحاظ نظام هیدرولوژیکی، منابع اصلی تأمین آب تالاب انزلی شامل نزولات جوی، رودخانه‌های جاری در حوضه آبریز تالاب و ارتباط هیدرولوژیکی تالاب با دریای خزر می‌باشد. مهم‌ترین رودخانه‌هایی که به تالاب انزلی می‌پیوندند از غرب به شرق شامل چافرود، بهمبر، مرغک، خالکایی، پلنگ‌ور، ماسوله‌رودخان، پیش رودبار (شاخرز)، پسیخان و پیربازار (مجموع دو شاخه سیاهرود و گوهررود) می‌باشند. این رودخانه‌ها تماماً دارای جریان دائمی بوده و از ارتفاعات جنوب غرب منطقه سرچشمه گرفته و در جهت شمال شرق جریان می‌یابند و پس از عبور از دشت فومنات و بخش مرکزی گیلان و تأمین نیاز آبی کشاورزان منطقه به تالاب انزلی می‌ریزند (Shokoohi and Modaberi, 2019). به بیان دیگر تالاب انزلی مانند یک مخزن ذخیره عمل می‌کند که به‌استثناء تبخیر، بارش و جریان آب زیرزمینی دارای ۹ ورودی اصلی و یک خروجی در بندر انزلی می‌باشد. نتایج پژوهش مدبری و شکوهی نشان داد که تا قبل از احداث موج‌شکن، تراز سطح آب تالاب مستقیماً تحت تأثیر تراز سطح آب دریای خزر تغییر می‌کند و در شرایط نرمال و غیر سیلابی اختلاف تراز سطح آب تالاب و دریا حدود ۰/٤ متر است (Modaberi and Shokoohi (2019)). این نتیجه مؤید ارزیابی شرکت جایکا است که بیان می‌کند کانال خروجی تالاب در بندر انزلی به‌عنوان نقطه کنترل سطح آب تالاب عمل می‌کند (JICA, 2005). بنابراین می‌توان گفت تراز سطح آب تالاب توسط تراز سطح آب دریای خزر کنترل می‌شود و اختلاف تراز موجود (بین دریا و تالاب) هم تحت تأثیر جریان ورودی به تالاب از طریق رودخانه‌ها و دیگر منابع آب ورودی است که باعث حرکت جریان به سمت دریا می‌شود. شکل (۱)، موقعیت جغرافیائی، پهنه آبی، محدوده بستر و رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی را نمایش می‌دهد.

روش انجام کار

در این مطالعه اثرات تنظیم جریان رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی بر اساس دستورالعمل‌های تعیین دبی زیست-محیطی رودخانه بر معادله بیلان تالاب بررسی گردید. برای محاسبات مربوط به بیلان از داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری مربوط به سالهای ۱۳۶۰-۱۳۹۸



شکل ۱. رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی و ایستگاههای هیدرومتری حوضه تالاب انزلی

استفاده به عمل آمد. مراحل انجام کار شامل تعیین مقادیر جریانات زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی و سپس تأثیر دبی زیست‌محیطی تخمین زده‌شده در سناریوهای مختلف بر معادله بیلان تالاب انزلی در مقیاس ماهانه و سالانه می‌باشد. در مرحله اول و به منظور تعیین جریانات زیست محیطی از سه روش هیدرولوژیکی تنانت، تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان[1] استفاده گردید که درباره هر یک از این روش‌ها توضیحات مختصری ارائه می‌شود.

روش تنانت

روش تنانت یا مونتانا از ساده‌ترین روش‌های هیدرولوژیکی برای تعیین نیاز حداقل آب زیست‌محیطی معرفی شده است. در این روش، به منظور تعیین نیاز حداقل جریان زیست‌محیطی، درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه رودخانه در قالب سطوح مختلف کیفیت زیست‌بوم رودخانه در نظر گرفته می‌شود. بر طبق پیشنهاد تنانت ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ درصد متوسط جریان سالیانه[2] (AAF) به ترتیب به‌عنوان حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها، حفظ وضعیت بقای نسبتاً خوب و حفظ زیستگاه مناسب تخصیص می‌یابد (Tennant, 1976). بررسی منابع نشان می‌دهد که دو سناریوی مدیریت زیست محیطی برگرفته از روش تنانت در مناطق کم آب و دارای رقابت شدید بین مصرف کنندگان بیشترین کاربرد را به خود اختصاص داده است: ۱- سناریوی تخصیص ۱۰٪ از متوسط جریان سالانه در رودخانه به‌طور دائم که در روش تنانت به‌عنوان حداقل شرایط لازم برای زنده‌مانی رودخانه اعلام شده است ۲- سناریوی تخصیص حداقل ۳۰٪ از جریان سالانه در سراسر حوضه برای مدیریت مناسب محیط اکولوژیکی به همراه رعایت تغییرات فصلی (Shokoohi and Yong, 2011).

جدول (۱)، درصدهای پیشنهادی روش تنانت را برای سناریوهای مختلف مدیریت جریان و تخصیص نشان می‌دهد.

روش تگزاس

روش تگزاس به عنوان روشی مشتق شده از روش تنانت به منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی استفاده می‌شود. در توسعه این روش از رویکرد هیدرولیکی بهره گرفته شده است و در آن محیط خیس‌شده رودخانه‌ها به‌عنوان نماینده زیستگاه فیزیکی در نظر گرفته شده است.

[1] FDC-Shifting
[2] Average Annual Flow

جدول ۱. دبی‌های زیست‌محیطی پیشنهادی به روش تنانت

نوع جریان	دبی پایه توصیه شده	
	مهر- اسفند	فروردین- شهریور
جریان ماکزیمم یا شست و شو (flushing or maximum)	٪۲۰۰	
مقدار بهینه جریان (optimum rang)	٪۱۰۰-٪۶۰	
بسیار عالی (out standing)	٪۴۰	٪۶۰
عالی (Excellent)	٪۳۰	٪۵۰
خوب (Good)	٪۲۰	٪۴۰
عادلانه (Fair or degrading)	٪۱۰	٪۳۰
ضعیف (Poor or minimum)	٪۱۰	٪۱۰
تخریب شدید (severe degradation)	٪۱۰-۰	

در روش تگزاس جریان آب رودخانه در فصول بهار و تابستان اهمیت بیشتری از فصول دیگر سال دارد؛ به همین جهت ۴۰٪ درصد از میانگین جریان ماهانه به‌عنوان جریان زیست‌محیطی از اکتبر تا فوریه اختصاص داده می‌شود، در حالی که این مقدار از ماه مارس تا سپتامبر برابر ۶۰٪ است. بررسی منابع نشان داد که مهم‌ترین هدف این روش، تأمین شرایط مطلوب برای ماهیگیری در آب‌های ایالت تگزاس می‌باشد (Anonymous, 2005). در این روش برخلاف روش تنانت که جریان زیست‌محیطی را به صورت درصدی از متوسط جریان در مقیاس سالانه در نظر می‌گیرد، جریان موردنظر به صورت درصدی از جریان متوسط در مقیاس ماهانه می‌باشد (Shokoohi and Yong, 2011). اگرچه از روش تگزاس در ایران کمتر استفاده شده است اما دلایلی مانند سادگی مفهوم، نیاز کم به داده‌های اولیه و نهایتا سهولت کاربرد این روش سبب شده است تا محققین به استفاده از آن ترغیب گردند. همچنین نتایج مطالعه ختار و شکوهی(۱۳۹۹) که به استفاده از این روش بر روی رودخانه کاظم رود واقع در تنکابن پرداخته بود، نشان از نتایج مناسب این روش در تخمین جریانات زیست‌محیطی به منظور حفظ شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها دارد. با توجه به تشابه اقلیمی منطقه مورد مطالعه در پژوهش یاد شده و پژوهش حاضر و همچنین ارزیابی نتایج ارزشمند حاصله از مطالعه این پژوهشگران در محدوده‌ای دیگر، از روش تگزاس برای ارزیابی جریان زیست محیطی رودخانه‌های مشرف بر انزلی استفاده به عمل آمد.

روش انتقال منحنی تداوم جریان

روش انتقال منحنی تداوم جریان یک روش هیدرولوژیکی بوده که چهار مرحله اصلی دارد (Smakhtin and Anputhas, 2006). مرحله اول که شبیه‌سازی شرایط هیدرولوژیکی مرجع بوده و در آن منحنی تداوم جریان برای رودخانه موردنظر در یک سری زمانی ماهانه برآورد می‌شود. در این روش، محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷ نقطه شاخص در محور احتمال وقوع (۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹، ۹۹/۹۹) تهیه می‌گردد. در مرحله دوم کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی تعریف می‌گردد. کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی موردنظر در روش انتقال منحنی تداوم جریان شامل کلاس A؛ طبیعی، کلاس B؛ اندکی تغییریافته، کلاس C؛ نسبتاً تغییر یافته، کلاس D؛ تا حد زیادی تغییر یافته، کلاس E؛ به شدت تغییر یافته و کلاس F؛ به طرز بحرانی تغییر یافته است. در مرحله سوم به تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست محیطی پرداخته می‌شود. در واقع برای هر کلاس مدیریتی زیست‌محیطی نقاط شاخص احتمالاتی منحنی تداوم جریان تاریخی با درنظر گرفتن یکی از سناریوهای مدیریتی به سمت چپ در طول محور احتمال، منتقل

می‌گردد. یک انتقال از کلاس بالاتر زیست محیطی به کلاس پایین‌تر در منحنی تداوم جریان بدین معنی است که جریانی که در ۹۹/۹ درصد مواقع رخ می‌داد در ۹۹ درصد مواقع رخ می‌دهد یا جریانی که در ۹۹ درصد مواقع رخ می‌داد اکنون در ۹۵ درصد مواقع رخ می‌دهد. شکل (۲)، نمونه‌ای از منحنی‌های انتقال تداوم جریان را از طریق انتقال عرضی نشان می‌دهد. در مرحله چهارم، سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهانه تولید می‌گردد. در این بخش با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه‌ی طبیعی رودخانه، متوسط جریان سالیانه محاسبه می‌شود. همچنین متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه نیز با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه‌ی زیست‌محیطی تولیدشده، محاسبه می‌شود. سپس با تقسیم متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه بر متوسط جریان سالیانه می‌توان درصدی از متوسط جریان سالیانه را محاسبه کرد که باید برای هر کلاس مدیریتی به‌عنوان جریان زیست‌محیطی در نظر گرفته شود. نرم‌افزار GEFC که در مطالعه حاضر از آن استفاده شده است، به منظور ارزیابی اولیه و سریع نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه‌ها براساس مفاهیم روش انتقال منحنی تداوم جریان توسعه داده شده است (Smakhtin and Anputhas., 2006). مراحل کار در این نرم‌افزار به ترتیب شامل انتخاب منبع داده‌های ورودی، نمایش مشخصات هیدرولوژیکی، محاسبه جریان زیست‌محیطی و انتخاب کلاس مدیریت زیست‌محیطی پیش‌فرض و نمایش محاسبه سری زمانی جریان مرجع و جریان زیست‌محیطی است. این نرم‌افزار با استفاده از داده‌های جریان ماهانه، مقادیر جریان زیست‌محیطی را به ترتیب از چپ به راست در کلاس‌های زیست‌محیطی A تا F در اختیار ما قرار می‌دهد.

بیلان منابع آب تالاب

شکل کلی معادله بیلان آب در تالاب انزلی با توجه به اینکه عوامل ورودی معادله شامل مقدار حجم آورد رودخانه‌های ورودی به تالاب، بارندگی بر سطح تالاب و جریانات خروجی نیز شامل تبخیر از سطح آب، آب مصرف‌شده برای تبخیر-تعرق گیاهان تالابی و جریان خارج شده از تالاب به سمت دریا می‌باشد، از معادله (۱) پیروی می‌کند که در آن:

$$V_{in}+ V_0+P=V+E +V_{out} \qquad (۱)$$

V_{in}: حجم آب ورودی از رودخانه‌ها به تالاب برحسب متر مکعب

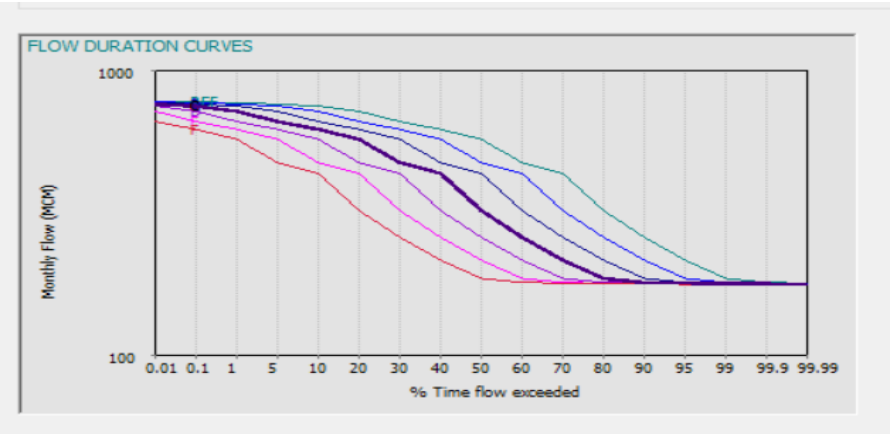
V: نیاز آبی زیست محیطی تالاب برحسب متر مکعب

V_0: حجم ذخیره‌شده اولیه که به شرایط اولیه دبی در هر روش بستگی دارد برحسب متر مکعب

E: حجم حاصل از تبخیر از سطح آب و تبخیر-تعرق گیاهان تالابی برحسب مترمکعب

V_{out}: حجم آب خروجی به دریا برحسب متر مکعب

P : حجم حاصل از بارندگی برحسب متر مکعب



شکل ۲. نمونه‌ای از منحنی‌های روش انتقال تداوم جریان

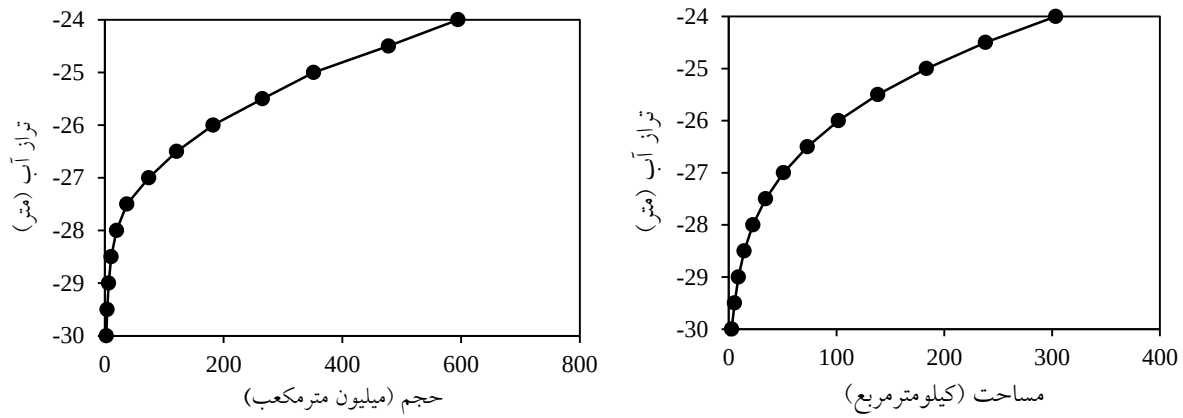
به منظور محاسبه بیلان آب تالاب انزلی نیاز است تا تغییرات حجم تالاب در هرماه مشخص گردد. به منظور محاسبه تغییرات حجم تالاب در هر ماه لازم است که حجم تالاب در دو ماه متوالی محاسبه شود. به عنوان مثال برای محاسبه تغییرات حجم تالاب در ماه فروردین نیاز به محاسبه حجم تالاب در ماه قبل آن یعنی اسفند است. بنابراین با توجه به دبی جریان زیست‌محیطی، تراز دریای خزر و تبخیر خالص در ماه اسفند و بر اساس معادله بیلان، حجم تالاب در ماه اسفند به عنوان شرایط اولیه محاسبه شد. در واقع شرایط اولیه در هر یک از روش‌ها بر اساس جریان زیست محیطی به دست آمده به‌وسیله همان روش در ماه اسفند است. لذا در هر روش، دبی زیست‌محیطی برآورده شده از همان روش در ماه اسفند و تراز دریای خزر و تبخیر خالص همان ماه به عنوان شرایط اولیه درنظر گرفته شد. سپس به ازای جریان زیست محیطی در مقیاس ماهانه و با توجه به معادلات مندرج در جدول ۲، اختلاف تراز سطح آب تالاب با دریا بدست آمد. در مرحله بعد با توجه به مقادیر تراز سطح دریا، تراز سطح آب تالاب نیز محاسبه گردید. سپس بر اساس روابط سطح–حجم–ارتفاع مخزن تالاب، حجم تالاب نیز به‌دست آمد. منظور از تبخیر خالص، مجموع مقدار تبخیر از سطح آب و مقدار بارندگی بر روی سطح تالاب می‌باشد. مقدار دبی خروجی از تالاب نیز از تفاضل تغییرات حجم تالاب و حجم جریان ورودی به آن بدست آمد. در ارتباط با تبادل آب زیرزمینی و تالاب، با توجه به اینکه درنهایت تغذیه یا تخلیه تالاب به صورت تغییر در سطح آب آن نمایان می‌شود، با داشتن تغییرات تراز سطح مخزن (حجم مخزن) عملا این بخش از بیلان نیز در معادله ۱ و در مولفه حجم مخزن در ابتدا و انتهای هر ماه درنظر گرفته شده است.

داده‌های مورد نیاز

مهم‌ترین داده‌های مورد نیاز شامل داده‌های هواشناسی، دبی روزانه رودخانه‌های ورودی به تالاب، عمق تالاب، تراز سطح دریا، سطح و حجم آب در بخش‌های مختلف است. داده‌های هواشناسی از جمله بارش و تبخیر از ایستگاه سینوپتیک انزلی که در نزدیکی تالاب قرار دارد، تهیه شد. ازآنجایی‌که تالاب انزلی فاقد ایستگاه هواشناسی بود لذا از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک بندرانزلی که به‌عنوان ایستگاه معرف منطقه موردنظر می‌باشد(Razi and Shokoohi, 2019) استفاده‌شد. اطلاعات مربوط به دبی رودخانه‌ها در دوره آماری از سال ۱۳۶۰ تا سال ۱۳۹۸ که در ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در آن ثبت می‌شود از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان دریافت شد. این ایستگاه‌ها در فاصله بسیار نزدیک به تالاب قرار دارند و می‌توانند معرف مقدار جریان ورودی به تالاب مطابق شکل (۱) باشند. داده‌های مربوط به تراز سطح دریا در ایستگاه انزلی نیز از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۸ از اداره کل بنادر و کشتیرانی استان گیلان دریافت گردید. برای محاسبه مساحت و حجم تالاب با داشتن تراز سطح آب تالاب وجود یک منحنی، سطح – حجم – ارتفاع لازم است. برای این بخش مطالعه جدیدی در این تحقیق صورت نگرفته است و برای این منظور از نتایج تحقیق مدبری و شکوهی استفاده به عمل آمد که در شکل (۳) آمده است. این محققین دو رابطه برای تخمین اختلاف تراز سطح آب تالاب انزلی و دریای خزر در بازه زمانی قبل و بعد از احداث موج‌شکن (در ورودی تالاب به دریا) ارائه نمودند که در جدول (۲) آورده شده است. به کمک این معادلات می‌توان با مشخص بودن دب‌ی ورودی از رودخانه‌ها به تالاب، تراز سطح آب تالاب را با دقت مناسب‌ی براساس

جدول ۲. معادله دبی ورودی به تالاب و اختلاف تراز سطح آب تالاب و دریا در الف) قبل از احداث موج‌شکن و ب) بعد از احداث موج‌شکن

معادله ۲– الف: شرایط قبل از احداث موج‌شکن	$\Delta Y= 0.0017\ Q + 0.3489$
معادله ۲– ب: شرایط بعد از احداث موج‌شکن	$\Delta Y= 3*10^{-6}\ Q^2 + 0.0008Q – 0.0158$



شکل ۳. منحنی سطح-حجم-ارتفاع تالاب انزلی

(Modaberi and Shokoohi, 2019)

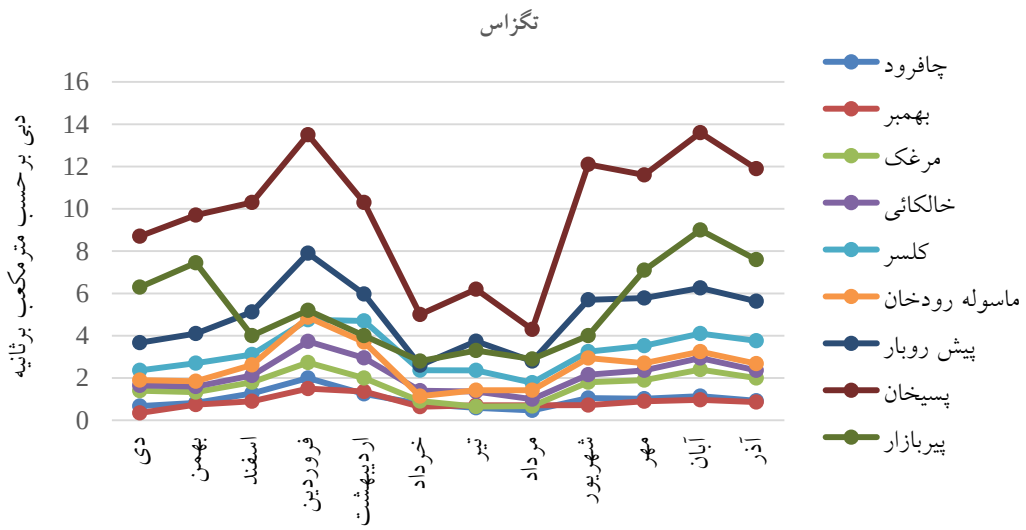
سطح آب دریای خزر برآورد نمود. در معادلات ارائه شده در جدول(۲)، Q دبی ورودی از رودخانه‌ها به تالاب برحسب متر مکعب بر ثانیه و ΔY اختلاف تراز سطح آب بین تالاب و دریای خزر برحسب متر است.

نتایج و بحث

جدول ۳، جریان زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی را با استفاده از روش تنانت در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد. نتایج حاصل از جدول (۳) مؤید این مطلب است که دبی‌های زیست‌محیطی حاصل از روش تنانت ۱۰٪ و ۳۰٪، جریان‌های با مقادیر ناچیزی را پیشنهاد می‌دهند بطوریکه امکان خشک شدن کل رودخانه و مرگ حتمی موجودات زنده در آن در ماه‌هایی از سال که از آب رودخانه به منظور آبیاری اراضی کشاورزی استفاده می‌گردد، وجود دارد (Modaberi and Shokoohi, 2020-c). اگرچه دبی زیست‌محیطی پیشنهادی روش تنانت ۶۰٪ تا حد زیادی می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی رودخانه را حل نماید اما به دلیل اینکه در ماه‌های گرم سال میزان آورد رودخانه کم می‌شود و مصرف‌کنندگان بخش کشاورزی زیاد است لذا قابلیت دفاع نتایج حاصل از این روش جای بحث دارد.

جدول ۳. دبی زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی به روش تنانت در سناریوهای مختلف

رودخانه	ایستگاه هیدرومتری مستقر بر آن	درصد دبی سالانه (مترمکعب بر ثانیه)				
		۱۰	۳۰	۴۰	۶۰	۱۰۰
چافرود	رودبار سرا	۰/۲	۰/۶	۰/۸	۱/۲	۲
بهمبر	آقامحله	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۷۲	۱/۰۸	۱/۸
مرغک	کتمجان-مرغک	۰/۳۳	۱	۱/۳۳	۲	۳/۳٤
خالکائی	کتمجان-خالکائی	۰/۴۴	۱/۳۲	۱/۷٦	۲/٦٤	٤/۳۷
پلنگ‌ور	کلسر	۰/۶۶	۲	۲/٦٤	٤	٦/٦۱
ماسوله رودخان	چومثقال	۰/۵۲	۱/۵۶	۲/۱	۳/۱	۵/۱٦
پیش‌روبار	لاکسار	۱/۰٤	۳/۱۳	٤/۱۸	٦/۲٦	۱۰/٤٤
پسیخان	نوخاله	۲/۰٦	٦/۱٦	۸/۲۲	۱۲/۳۲	۲۰/۵٤
پیربازار	پل پیربازار	۰/۹	۲/۷	۳/٦	۵/٤	۹
مجموع دبی‌های ورودی به تالاب انزلی		٦/۳	۱۹/۰۱	۲۵/۳	۳۸	٦۳/۳



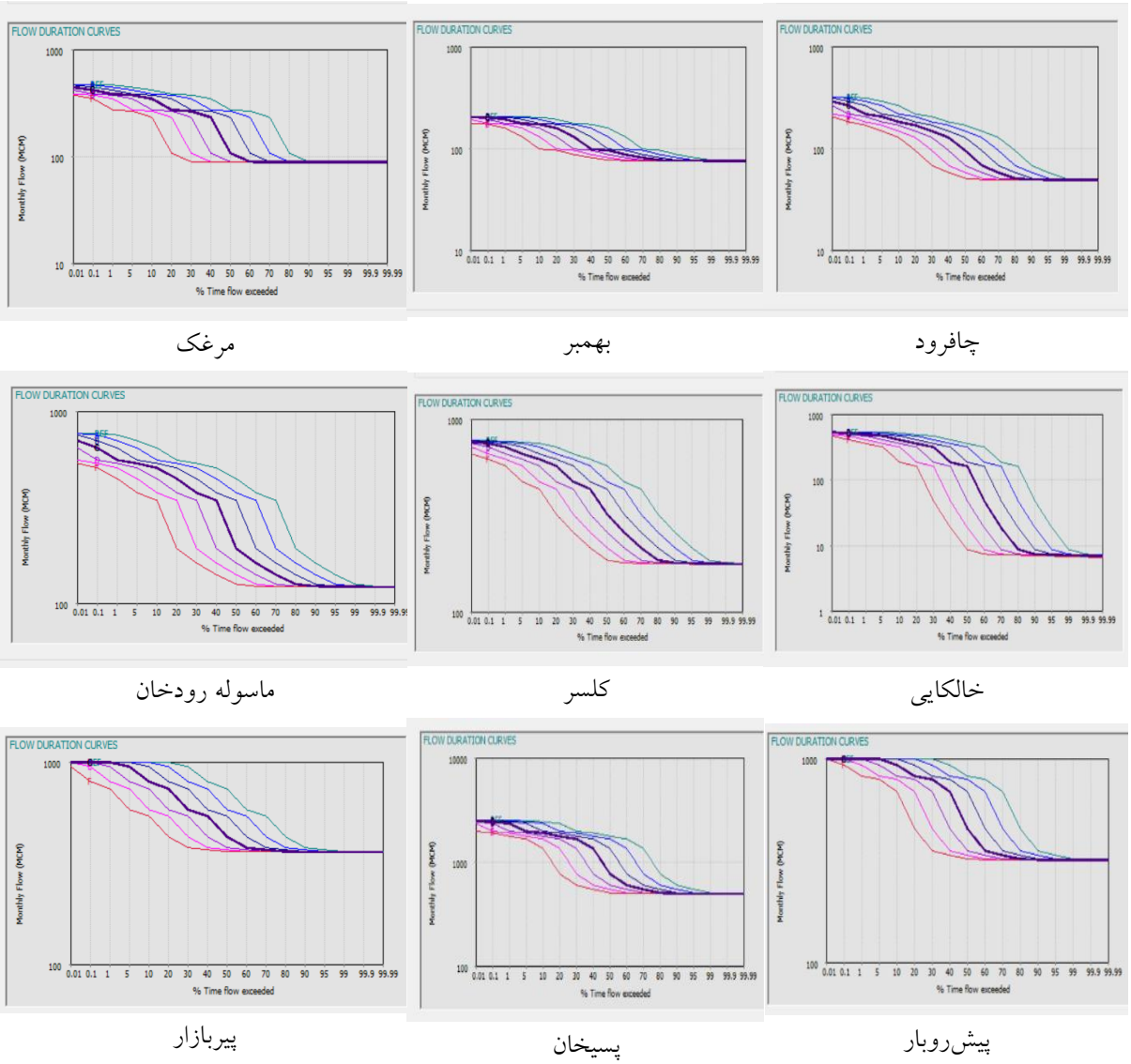
شکل ۴. جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی با استفاده از روش تگزاس

روش تگزاس

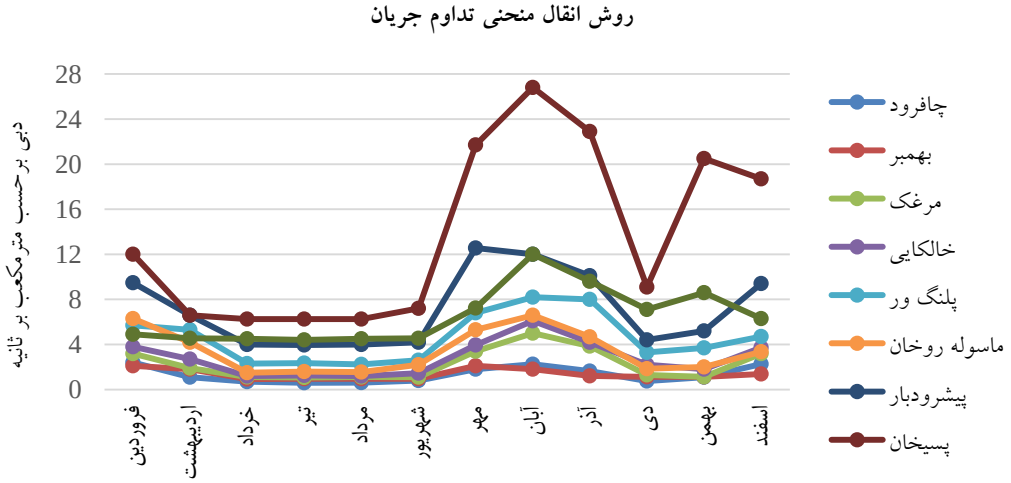
در این بخش جریان‌های زیست محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب با استفاده از روش تگزاس به دست آمد. شکل ۳، نتایج حاصل از روش تگزاس را نشان می‌دهد. جریانات زیست‌محیطی بدست آمده از روش تگزاس در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد، کمترین مقدار و در ماه‌های فروردین و آبان، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. از آنجایی‌که ماه‌های خرداد، تیر و مرداد مقارن با دوره گرمای حوضه تالاب انزلی و همچنین فصل کشاورزی و برداشت آب از رودخانه‌ها به منظور آبیاری اراضی شالیزاری است، لذا مدیریت و انتخاب مقدار جریان زیست‌محیطی در این ماه‌های سال باید با دقت کافی به عمل آید تا آسیبی به اکوسیستم رودخانه‌ها و در امتداد آن، تالاب انزلی وارد نگردد.

روش انتقال منحنی تداوم جریان

با توجه به تعاریف موجود در کلاس‌های مدیریتی مختلف در روش انتقال منحنی تداوم جریان و همچنین مقایسه وضعیت مدیریتی رودخانه‌های ورودی به تالاب نتیجه گرفته شد که کلاس مدیریت C مناسب‌ترین کلاس مدیریت جریان است که می‌تواند از تخریب شرایط محیط زیستی رودخانه‌های حوضه تالاب جلوگیری نماید. در این کلاس زیستگاه‌ها دست نخورده و اندکی تغییر یافته است (Ahn et al., 2018). در مرحله بعد، منحنی تداوم جریان برای سناریوی زیست‌محیطی منتخب ایجاد شد که در شکل (۵) آمده است. اکنون می‌توان منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی را به سری‌های زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه در هر رودخانه تبدیل کرد. درنهایت جریان‌های زیست محیطی ماهانه در دوره آماری موردنظر برای کلیه رودخانه‌ها بدست آمد که نتایج آن به تفکیک هریک از رودخانه‌ها در شکل (۶) آمده است. نتایج حاصل از شکل (۶) نشان می‌دهد که الگوی تغییرات جریان زیست‌محیطی در روش انتقال منحنی تداوم جریان از ماه اردیبهشت تا شهریور دارای شیب یکنواخت و از شهریور تا آبان روند صعودی و از آذر تا فروردین دوباره روند نزولی دارد. همچنین دامنه مقادیر برآورد شده برای جریان زیست‌محیطی در این روش در فصول مختلف سال در رودخانه‌هایی مانند بهمبر و ماسوله‌رودخان که دارای جریان عبوری کمی می‌باشند خیلی محسوس نیست ولی برعکس برای رودخانه‌هایی مانند پیش‌روبار و پسیخان که مقدار جریان بیشتری در آن‌ها وجود دارد، به وضوح دیده می‌شود.



شکل ۵. منحنی‌های انتقال تداوم جریان برای کلاس‌های مدیریتی مختلف در رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی از طریق انتقال عرضی



شکل ۶. جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی با استفاده از روش انتقال منحنی تداوم جریان

بررسی تأثیر مدیریت جریان بر بیلان تالاب

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت جریان براساس الگوهای زیست‌محیطی در رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی بر بیلان تالاب، تبخیر خالص و تراز سطح آب دریای خزر تهیه شد و دبی ورودی به تالاب (دبی زیست‌محیطی که با روش‌های مختلف محاسبه شدند) به‌عنوان دبی ورودی به تالاب در نظر گرفته شدند. در مرحله اول با استفاده از رابطه بین اختلاف تراز سطح آب تالاب و دریا و دبی ورودی به تالاب (معادلات جدول ۲)، اختلاف تراز سطح آب تالاب با سطح آب دریا محاسبه شد. سپس در مرحله بعدی با مشخص بودن تراز دریای خزر، تراز سطح آب تالاب به دست آمد و با استفاده از رابطه سطح–حجم–ارتفاع مخزن تالاب، حجم تالاب محاسبه شد. در مرحله بعد با توجه به حجم آب ورودی به تالاب از طریق رودخانه‌ها و تغییرات حجم تالاب در هر گام زمانی، مقدار حجم و دبی آب خروجی از تالاب به دست آمد. با توجه به اینکه دبی زیست‌محیطی محاسبه‌شده در روش‌های تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان در مقیاس ماهانه و در روش تنانت به‌صورت سالانه در نظر گرفته می‌شوند، بیلان آب تالاب در هر دو مقیاس ماهانه و سالانه محاسبه و نتایج آن با هم مقایسه شدند. در جداول (۴) و (۵) اجزای معادله بیلان تالاب برای الگوی جریان شبیه‌سازی شده در روش‌های تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان در مقیاس ماهانه ارائه شده است.

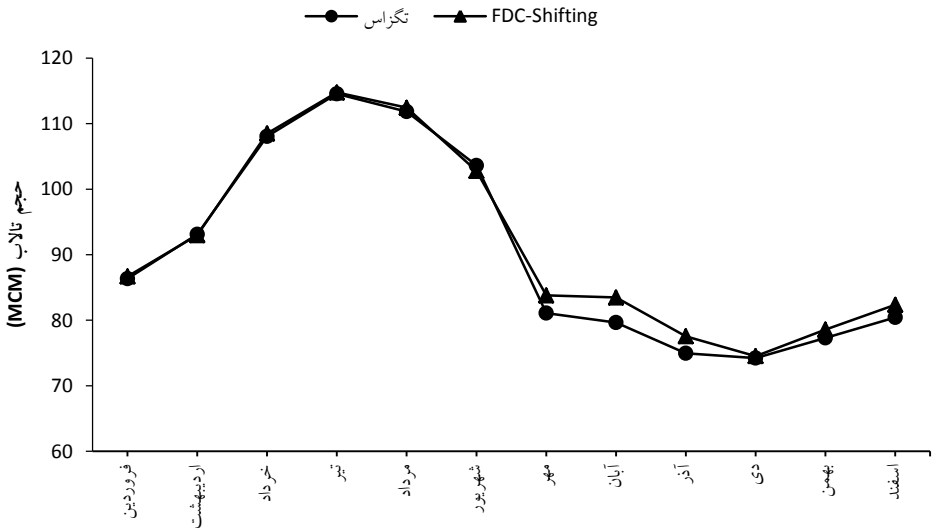
شکل (۷) حجم آب تالاب انزلی حاصل از تنظیم معادله بیلان به ازای تخصیص دبی زیست‌محیطی در روش‌های تگزاس و FDC-Shifting را نشان می‌دهد. مقایسه بیلان آب تالاب در این بخش نشان داد که در صورت تخصیص دبی زیست‌محیطی به روش تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان، حجم تالاب در شش ماه اول سال (فروردین تا شهریور) در هر دو روش تقریباً یکسان هستند اما در شش ماه دوم سال (مهر تا اسفند) حجم آب تالاب ناشی از تخصیص دبی زیست‌محیطی به روش انتقال منحنی تداوم بیشتر از حجم آب تالاب حاصل از تخصیص دبی زیست‌محیطی به روش تگزاس است، زیرا روش انتقال منحنی تداوم جریان با توجه به در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی، دبی بیشتری به‌عنوان دبی زیست-محیطی برآورد می‌کند که نتایج تحقیقات (Naderi et al., 2019) موید این مطلب است؛ بنابراین با افزایش دبی ورودی به تالاب، اختلاف تراز سطح آب تالاب و تراز سطح آب دریای خزر نیز افزایش یافته و درنهایت حجم آب تالاب نیز بیشتر افزایش می‌یابد.

جدول ۴. مقادیر اجزای معادله بیلان تالاب انزلی در صورت تخصیص جریان زیست‌محیطی در روش تگزاس

ماهانه		دبی ورودی (CMS)	بارش و تبخیر (CMS)	ΔY (متر)	تراز دریا (متر)	تراز تالاب (متر)	حجم تالاب (MCM)	مساحت تالاب (Km^2)	دبی خروجی (CMS)
شرایط اولیه	اسفند	۳۱/۲٤	۱/۰۵	۰/۰۱۳	-۲٦/۹۵	-۲٦/۹٤	۸۰/٤	۵۳/۸	---
روش تگزاس	فروردین	٤٦/۱۸	۱/۵٦	۰/۰۲۹	-۲٦/۹	-۲٦/۸۷	۸٦/۳	۵۷/۲	٤۵/٤٦
	اردیبهشت	۳٦/۲۳	-۰/۷٦	۰/۰۱٦	-۲٦/۸۱	-۲٦/۷۹	۹۳/۱	٦۱	۳۲/۸۷
	خرداد	۱۷/٦٤	-۱/۲۵	-۰/۰۰۲	-۲٦/٦۳	-۲٦/٦۳	۱۰۸/۱	٦۹/٤	۱۰/٦۳
	تیر	۲۰/۳۳	-۰/۲۸	۰/۰۰۱	-۲٦/۵۷	-۲٦/۵۷	۱۱٤/٦	۷۳	۱۷/۵٤
	مرداد	۱٦/۰۵	-۰/۸۳	-۰/۰۰۳	-۲٦/۵۹	-۲٦/۵۹	۱۱۱/۸	۷۱/۵	۱٦/۸۲
	شهریور	۳۳/۷۲	۵/۱۵	۰/۰۲	-۲٦/۷	-۲٦/٦۸	۱۰۳/٦	٦٦/۹	٤۲/۰۵
	مهر	۳٦/۸۹	٦/۷۲	۰/۰۲۵	-۲٦/۹۵	-۲٦/۹۳	۸۱/۱	۵٤/۲	۵۳/۰۳
	آبان	٤۳/٦٦	۹/۹	۰/۰۳٦	-۲٦/۹۸	-۲٦/۹۵	۷۹/٦	۵۳/۳	۵٤/۱
	آذر	۳۷/۷۱	۳/٤۳	۰/۰۲۲	-۲۷/۰۳	-۲۷	۷۵	۵۰/٦	٤۲/۸۹
	دی	۲۷/۳۱	۰/۱۵	۰/۰۰۸	-۲۷/۰۲	-۲۷/۰۱	۷٤/۲	۵۰/۲	۲۳/۷۳
	بهمن	.۳/۳	٤/۱۹	۰/۰۱۵	-۲٦/۹۹	-۲٦/۹۷	۷۷/۳	۵۲	۳۳/۳۳
	اسفند	۳۱/۲٤	۱/۰۵	۰/۰۱۳	-۲٦/۹۵	-۲٦/۹٤	۸۰/٤	۵۳/۸	۳۱/۱۳

جدول ۵. مقادیر اجزای معادله بیلان تالاب انزلی در صورت تخصیص جریان زیست‌محیطی در روش FDC-Shifting

ماهانه		دبی ورودی (CMS)	بارش و تبخیر (CMS)	ΔY (متر)	تراز دریا (متر)	تراز تالاب (متر)	حجم تالاب (MCM)	مساحت تالاب (Km^2)	دبی خروجی (CMS)
شرایط اولیه		۵۳	۱/۰۵	۰/۰۳۶	-۲۶/۹۵	-۲۶/۹۱	۸۲/٤	۵٤/۹	---
روش FDC-Shifting	فروردین	٤۹/۸۷	۱/۵٦	۰/۰۳۳	-۲٦/۹	-۲٦/۸٦	٦۸/۷	۵۷/٤	٤۹/۷٦
	اردیبهشت	۳٤/۷٦	-۰/۷٦	۰/۰۱۵	-۲٦/۸۱	-۲٦/۷۹	۹۳	٦۱	۳۱/۵۸
	خرداد	۲۲/٤۹	-۱/۲۵	۰/۰۰۳	-۲٦/٦۳	-۲٦/٦۳	۱۰۸/۵	۹٦/٦	۱۵/۲۵
	تیر	۲۲/٤۳	-۰/۲۸	۰/۰۰۳	-۲٦/۵۷	-۲٦/۵۷	۱۱٤/۸	۷۳/۱	۱۹/۷۳
	مرداد	۲۲/٤۲	-۰/۸۳	۰/۰۰۳	-۲٦/۵۹	-۲٦/۵۹	۱۱۲/٤	۷۱/۸	۲۳/۲٦
	شهریور	۲۵/۰٦	۵/۱۵	۰/۰۱۱	-۲٦/۷	-۲٦/٦۹	۱۰۲/۸	٦٦/۵	۳۳/۹۳
	مهر	٦٤/۸٤	٦/۷۲	۰/۰۵۷	-۲٦/۹۵	-۲٦/۹	۸۳/۸	۵۵/۷	۷۸/٦٦
	آبان	۸۰/۷۵	۹/۹	۰/۰۸۱	-۲٦/۹۸	-۲٦/۹	۸۳/۵	۵۵/۵	۹۰/۷٦
	آذر	٦٦/۱۷	۳/٤۳	۰/۰۵٤	-۲۷/۰۳	-۲٦/۹۷	۷۷/۵	۵۲/۱	۷۱/۸۱
	دی	۳۱/۱۳	۰/۱۵	۰/۰۱۲	-۲۷/۰۲	-۲۷/۰۱	۷٤/۵	۵۰/۳	۳۲/٤۱
	بهمن	٤۵/۱٤	٤/۱۹	۰/۰۳۱	-۲٦/۹۹	-۲٦/۹٦	۷۸/٦	۵۲/۷	٤۷/۸۱
	اسفند	۵۳	۱/۰۵	۰/۰۳٦	-۲٦/۹۵	-۲٦/۹۱	۸۲/٤	۵٤/۹	۵۲/٦٤



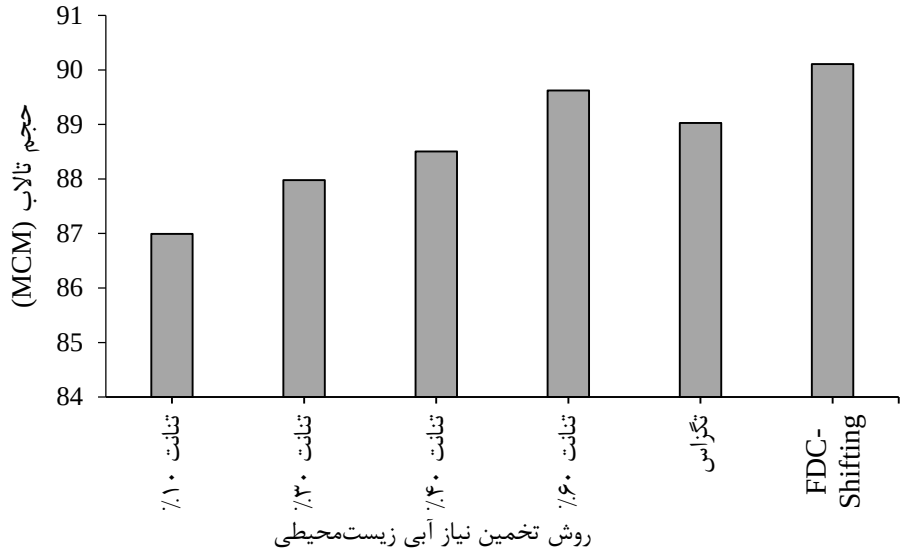
شکل ۷. مقایسه حجم ماهانه آب تالاب انزلی به ازای تخصیص دبی زیست‌محیطی در روش‌های تگزاس و FDC-Shifting

به‌منظور مقایسه تأثیر دبی رهاسازی شده براساس دستورالعمل‌های زیست‌محیطی بر بیلان آب تالاب در مقیاس سالانه، مقادیر دبی زیست‌محیطی حاصل از روش تنانت (که به‌صورت سالانه برآورد می‌شود) و مقادیر میانگین سالانه دبی زیست‌محیطی در روش‌های تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان مورد بررسی قرار گرفتند و معادله بیلان تالاب به ازای تخصیص دبی زیست‌محیطی در مقیاس سالانه و میانگین سالانه تبخیر خالص و تراز سطح آب دریای خزر تنظیم شد. اجزای معادله بیلان تالاب در مقایس سالانه در جدول (۶) ارائه شده است. مقادیر حجم تالاب به ازای تخصیص هر یک از دبی‌های زیست‌محیطی در مقیاس سالانه در شکل (۸) مقایسه شده‌اند. نتایج حاصل از تنظیم معادله بیلان در هر یک از این روش‌ها نشان داد که بیشترین حجم برآورد شده آب تالاب به مقدار ۹۰/۱ میلیون مترمکعب مربوط به تخصیص دبی زیست‌محیطی حاصل از روش انتقال

منحنی تداوم جریان و کمترین آن به مقدار حدود ۸۷ میلیون مترمکعب به ازای جریان زیست‌محیطی به روش تنانت در سطح ۱۰ درصد برآورد شده است. در روش تنانت در صورت افزایش تخصیص دبی زیست‌محیطی تا مقدار ۶۰ درصد، حجم تالاب تا حدود ۸۹/۶ میلیون مترمکعب افزایش می‌یابد. مقدار حجم تالاب به ازای جریان زیست‌محیطی حاصل از روش تگزاس نیز حدود ۰/۶ میلیون مترمکعب کمتر از روش تنانت ۶۰ درصد برآورد شده است. براساس رژیم کنونی رودخانه‌های ورودی به تالاب، پذیرش دبی پیشنهادی روش تنانت به حدی است که ضمن برطرف ننمودن نیاز زیست‌محیطی تالاب در شرایط هدفگذاری‌شده، حتی می‌تواند اثرات زیانباری نیز بر روی حیات این اکوسیستم داشته باشد که این نتیجه یعنی کم‌برآوردی روش تنانت در تعیین جریان زیست‌محیطی با نتایج زرعکانی و همکاران (۲۰۱۷) و سان و فنگ (۲۰۱۹) مطابقت دارد. ماهانه بودن نتایج حاصل از روش تگزاس نسبت به روش تنانت برتری دارد اما چون روش تگزاس در همه رودخانه‌ها از یک الگوی مشابه پیروی می‌کند و شرایط اکولوژیکی و نوع مدیریت در رودخانه‌ها را درنظر نمی‌گیرد ممکن است نتواند در همه حالات نتایج دقیق و قابل قبولی ارائه دهد. تحقیقات ورما و همکاران (۲۰۱۹) و ختار و شکوهی (۲۰۲۰) نیز این نتایج را تایید می‌کند. همچنین نتایج نشان داد روش انتقال منحنی تداوم جریان یک روش بسیار سریع، ساده و ترکیبی از مفاهیم هیدرولوژیکی-اکولوژیکی است و می‌تواند مفاهیم مربوط به رژیم اکولوژی جریان رودخانه‌های ورودی به تالاب را از یک طرف و رژیم تاریخی جریان رودخانه‌ها را از طرف دیگر پوشش دهد. این موارد با نتایج مطالعه اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۸) مشابهت دارد.

جدول ٦. مقادیر اجزای معادله بیلان تالاب انزلی به‌صورت سالانه در صورت تخصیص جریان زیست‌محیطی در روش‌های مختلف

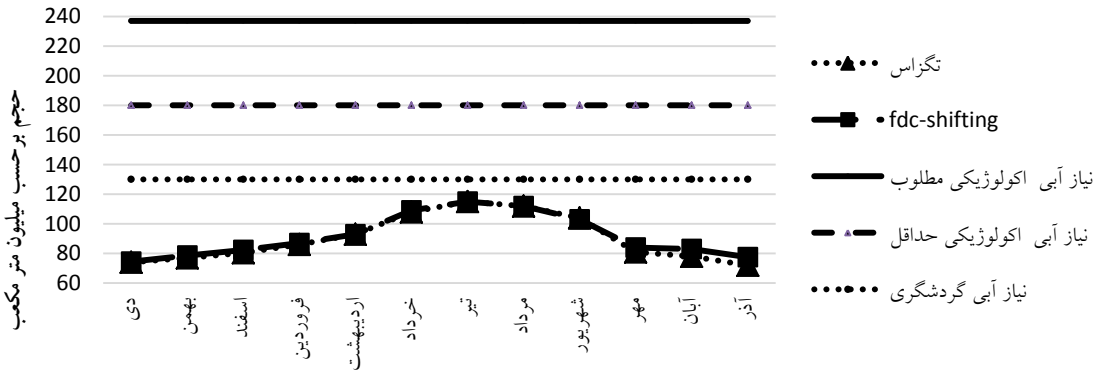
سالانه	دبی ورودی (CMS)	بارش و تبخیر (CMS)	ΔY (متر)	تراز دریا (متر)	تراز تالاب (متر)	حجم تالاب (MCM)	مساحت تالاب (Km2)
تنانت ۱۰٪	٦/۳۳	۲/۳۱	-۰/۰۰۹	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸٦	۸٦/۹۹	٥۷/٥٥
تنانت ۳۰٪	۱۹/۰۱	۲/۳۱	۰/۰۰۳	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸٥	۸۷/۹۸	٥۸/۱۱
تنانت ٤۰٪	۲٥/۳٥	۲/۳۱	۰/۰۰۹	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸٤	۸۸/٥	٥۸/٤۱
تنانت ٦۰٪	۳۸	۲/۳۱	۰/۰۲۱	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸۳	۸۹/٦۲	٥۹/۰٥
تگزاس	۳۱/٤	۲/۳۱	۰/۰۱٥	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸٤	۸۹/۰۳	٥۸/۷۱
FDC-Shifting	٤۳/۱۷	۲/۳۱	۰/۰۲۷	-۲٦/۸٥	-۲٦/۸۲	۹۰/۱۱	٥۹/۳۳



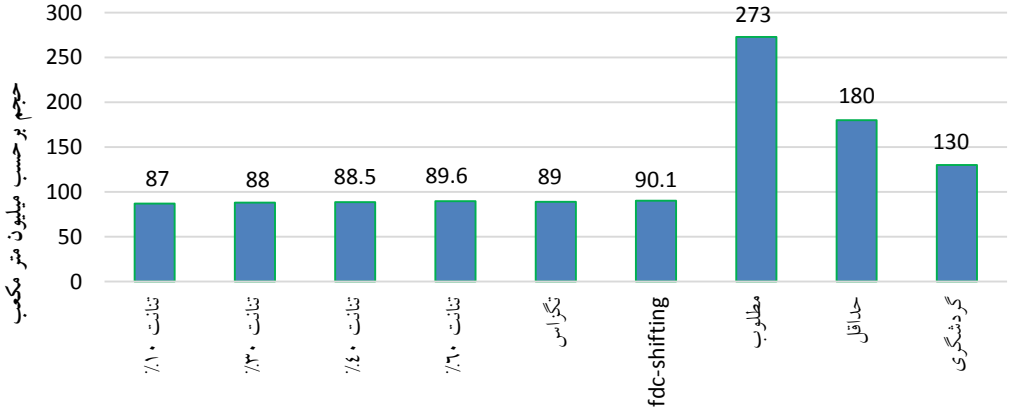
شکل ۸. حجم آب تالاب انزلی براساس معادله بیلان به ازای تخصیص دبی زیست‌محیطی سالانه در روش‌های مختلف

ارزیابی تأثیر رهاسازی جریان براساس دستورالعمل زیست‌محیطی رودخانه‌ها بر شرایط اکولوژیکی تالاب

با توجه به نتایج بخش قبل، تخصیص هر یک از دبی‌های زیست‌محیطی حاصل از روش‌های تنانت، تگزاس و انتقال منحنی تداوم جریان، حجم تالاب را با توجه به مقدار دبی ورودی به تالاب تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌منظور بررسی وضعیت اکولوژیکی تالاب به ازای تخصیص دبی‌های زیست‌محیطی، مقادیر برآورد شده حجم تالاب با مقادیر نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب در شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب (مدبری و شکوهی، ۲۰۱۹) و همچنین نیاز آبی شاخص گردشگری (شکوهی و مدبری، ۲۰۲۰b) در شکلهای (۹) و (۱۰) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تخصیص دبی زیست‌محیطی برآورد شده از هر یک از روش‌های مذکور قادر به تأمین شرایط حداقل و مطلوب اکولوژیکی تالاب و حتی نیاز آبی شاخص گردشگری نمی‌باشد. از بین روش‌های تعیین دبی زیست‌محیطی مورداستفاده در این تحقیق، تخصیص جریان زیست‌محیطی برآورده شده از روش انتقال منحنی تداوم جریان بیشترین تأثیر را بر بیلان تالاب و درنهایت حجم تالاب داشت. نتایج این تحقیق شکننده بودن شرایط تالاب انزلی را نشان می‌دهد و هشداری جدی در خصوص دست‌اندازی به جریان بهنگام رودخانه‌های تغذیه کننده تالاب به هر بهانه‌ای منجمله شرب و صنعت را مطرح می‌نماید. البته ارزش جریان‌های ورودی تنظیمی، علیرغم وضعیت نا امید کننده آنها از نظر کمی، از لحاظ تأثیر بر شرایط کیفی تالاب را نمی‌توان نادیده گرفت که خود تحقیقی جداگانه را می‌طلبد.



شکل ۹. مقایسه حجم ماهانه تالاب انزلی حاصل از تخصیص جریان زیست‌محیطی با نیاز آبی اکولوژیکی و گردشگری تالاب



شکل ۱۰. مقایسه حجم سالانه تالاب انزلی حاصل از تخصیص جریان زیست‌محیطی با نیاز آبی اکولوژیکی و گردشگری تالاب

نتیجه‌گیری

حفاظت از اکوسیستم‌های آبی و حفظ خدمات و کارکردهای زیست‌محیطی، اقتصادی-اجتماعی و همچنین توجه به اهمیت آب در این کارکردها به ویژه در تالاب‌ها، نیازمند تعیین مقدار آب موردنیاز برای این اکوسیستم‌ها می‌باشد. از آنجایی‌که یکی از منابع مهم تأمین آب تالاب انزلی، رودخانه‌های ورودی به آن می‌باشد لذا تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی این رودخانه‌ها به نحوی که بتواند زنده‌مانی و پویائی اکوسیستم پایین‌دست را تنظیم نماید، ضروری می‌باشد. عوامل مهم تأثیرگذار بر بیلان آب تالاب انزلی شامل جریان رودخانه‌های منتهی به تالاب، ارتباط هیدرولوژیکی تالاب با دریای خزر و بارش مستقیم و تبخیر خالص از سطح تالاب می‌باشد. به بیان دیگر تالاب انزلی مانند یک مخزن ذخیره عمل می‌کند که به‌استثناء تبخیر، بارش و جریان آب زیرزمینی، دارای ۹ ورودی و یک خروجی در بندر انزلی می‌باشد. از بین روش‌های تعیین دبی زیست محیطی مورداستفاده در این تحقیق، تخصیص جریان زیست محیطی برآورده شده از روش انتقال منحنی تداوم جریان بیشترین تأثیر را بر بیلان تالاب و درنهایت حجم تالاب داشت که دلیل این امر می‌تواند درنظرگرفتن شرایط اکولوژیکی اکوسیستم مورد مطالعه و انعطاف‌پذیری این روش نسبت به تغییرات جریان رودخانه‌ها نسبت به سایر روش‌های هیدرولوژیکی باشد که این نتیجه با نتایج تحقیقات رزاقی و همکاران (۲۰۱۹) و اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. همچنین در این تحقیق روش انتقال منحنی تداوم جریان به نوسان‌های طبیعی جریان رودخانه‌های ورودی به تالاب توجه کرده و آن را در جریان زیست محیطی محاسبه شده لحاظ می‌کند که این نتایج با مطالعات یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. بررسی جریان‌های زیست‌محیطی رودخانه‌های منتهی به تالاب و تأثیر آن‌ها بر معادله بیلان تالاب نشان داد که برداشت آب و تنظیم جریان‌های ورودی به تالاب با تخصیص جریان زیست‌محیطی مناسب برای حفظ حداقل شرایط قابل قبول در رودخانه‌ها نیز نمی‌تواند نیاز آبی تالاب برای رسیدن به شرایط اکولوژیکی حداقل و مطلوب و یا شرایط موردنیاز برای شاخص گردشگری را تأمین کند. در عین حال نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که نیاز است تا اثر جریان رودخانه‌های مشرف بر تالاب و بطور خاص جریان زیست محیطی آنها برحیات تالاب از نظر دینامیک جریان و همینطور از نظر کیفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. بررسی میزان تغییرات عمق که کم شدن آن موجب خشک شدن تالاب و همچنین از بین رفتن زیستگاه گونه‌های زیادی از گیاهان و جانوران بومی و مهاجر به منطقه موردمطالعه می‌شود، بسیار اهمیت دارد. بنابراین، تعیین میزان جریان ورودی به تالاب برای حفظ سطح مناسب آب می‌تواند به این اکوسیستم‌ها کمک کند تا نقش بیولوژیکی خود را در دوره‌های کمبود آب بهتر انجام دهند. در نهایت مطالعه حاضر این نتیجه مهم را بدست می‌دهد که امکان بهره‌برداری از هیچیک از رودخانه‌های ورودی تالاب انزلی حتی با شرط رعایت ملاحظات زیست محیطی در رودخانه‌ها وجود نداشته و پیش از تصمیم‌گیری در مورد هرگونه بهره‌برداری و ساخت سدهایی همچون سد شفارود، لازم است واکنش تالاب بدان مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد.

Reference:

Ahn, J., Kwon, H., Yang. D., & Kim, Y. (2018). Assessing environmental flows of coordinated operation of dams and weirs in the Geum River basin under climate change scenarios. Science of The Total Environment, 643, 912-925.

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

Conservation of Iranian Wetlands Project. (2013). Guide and Stylebook to Calculate a Wetlands Water Requirements. Golden Publication.

Esmaili, K. Sadeghe, Z. Kaboli, A. & Shafaei, H. (2018). Application Hydrological methods for estimating River Environmental water rights (Case Study of Gorganroud River). Iranian Journal of Natural Resources, 71(4): 437-451. (In Persian)

Javedan Kherad, E. Esmaili Sari, A. & Bahramifar, N. (2011). Investigation of Persistent Organic Pollutants Residue in Sediments of International Anzali Wetland, Iran. Journal of Environmental Studies, 37(57): 35-44. (In Persian)

JICA (2005). The study on integrated management for ecosystem conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran. Draft final report Vol. II: Maim report. Nippon Koei Co. 150p

Khatar, B., & Shokoohi, A. (2020) Evaluating and Modifying the Texas Method as a Hydrologic Method for Prescribing Ecological Regime in Perennial Rivers. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 9(3): 31-46. (In Persian)

King, J., Tharme, R., & De Villiers, M. (2008). Environmental flow assessment for rivers: Manual for the Building Block Method. WRC Report NoTT 354/08, 364p.

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.

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 Farsi)

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

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

Modaberi, H., & Shokoohi, A. (2020) 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, 16(3): 284-307. (In Persian)

Montazerhojat, A., Mansouri, B., & Ghorbannezhad, M. (2013). Economic valuation of the Shadegan wetland. Journal of Quantitative Economics, 12(1): 55-77. (In Persian)

Naderi, M. H., Zakerinia, M., & Salarijazi, M. (2019). Investigation of Ecohydraulic Indices in Environmental Flow Regime and Habitat Suitability Simulation Analysis using River2D Model with Relying on the Restoration Ecological in Zarrin-Gol River. Journal of Ecohydrology, 6(1): 205-222. (In Persian)

Razi, F., & Shokoohi, A. (2019). Determining and Estimating the Lag time between Meteorological and Hydrological Drought Using a Water Balance Model. Watershed engineering and management, 13(1). (In Persian)

Razzaghi Rezaeieh, A., Ahmadi, H., Haghdoust, N., & Hessari, B. (2019). The evaluation of river environmental flow by using the ecohydrological methods (Case study: Mahabad-Chai River). Journal of Water and Soil Conservation, 25(6): 47-65. (In Persian)

Shokoohi, A., & Yong, H. (2011). Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin—Iran). Hydrological Processes, 25(22), 3490-3498.

Smakhtin, V. U., & Anputhas, M. (2006). An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. IWMI Research Report 107, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Sun, T., & Feng, M. L. (2013). Multistage analysis of hydrologic alterations in the Yellow River, China. River Res Appl, 29(8): 991-1003.

Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish and wildlife. Recreation and related environmental resources. Journal of Fisheries, (1): 6–10.

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): 397–441

Verma, R. K., Murthy, S., & Tiwary, R. K. (2015) Assessment of environmental flows for various sub-watersheds of Damodar river basin using different hydrological methods. Journal Waste Resources, 5(182): 2.

Yang, Y., Yin, X., & Yang, Z. (2016). Environmental flow management strategies based on the integration of water quantity and quality, a case study of the Baiyangdian Wetland, China. Ecological Engineering, 96:150-161.

Yousefi, H., Shahinegad, B., Kakavand, A., Mirbeik, M., & Shahrokhi, S. (2021). Evaluation of ecological flow of Lorestan Herrud river using hydrological methods. Journal of Ecohydrology, 7(2): 481-496. (In Persian)

Zarakani, M., Shookohi, A., Pising, V. (2017). Introducing a comprehensive ecological diet in the absence of data to determine the true environmental status of rivers. Iranian Water Resources Research Journal, 13(2): 140-153. (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.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 2 (46)
Winter 2023

Received:
2022-05-11

Accepted:
2022-10-16

Pages: 31-49

Evaluation of the Effect of Flow Release Based on River Environmental Guidelines on the Water Balance of Anzali Wetland

Alireza Shokoohi[1*], Hadi Modaberi[2] and Hosein Monjazi[3]

1) Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2) Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Environmental Research Institute, Rasht, Iran.
3) MSc. Graduated Student of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
*Corresponding author email: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

Abstract:

Introduction: Rising demand for water consumption has exacerbated complex conflicts between the agricultural, drinking, and industrial sectors. The main purpose of this study is to investigate the effect of reducing the discharge of rivers entering the wetland based on environmental guidelines on the water balance of the wetland. Due to the location of Anzali Wetland in the downstream of a catchment, it is necessary to determine the minimum flow of incoming rivers in such a way as to ensure the survival and dynamism of the downstream ecosystem.

Methods: In this study, the regulatory flow of the river is estimated based on environmental scenarios in Tenant, Texas, and transfer continuity curves, then the effect of discharge allocation in each scenario on the water balance of the wetland, and finally, the volume of the wetland is investigated. To calculate the water balance of the Anzali wetland, changes in the volume of the wetland per month are identified. To calculate the changes in the volume of the wetland in each month, it is necessary to calculate the volume of the wetland in two consecutive months. According to the discharge of environmental flow, the level of the Caspian Sea, and net evaporation in March and based on the balanced equation, the volume of the wetland in March is calculated as the initial conditions. Then, for the environmental flow on a monthly scale, the difference in elevation between the water level of the wetland and the sea is obtained. In the next step, according to the sea level values, the wetland water level is also calculated. Afterward, based on the surface-volume-height relationships of the wetland reservoir, the volume of the wetland is additionally obtained.

Results: The results showed that the highest discharge of environmental flow and consequently the highest volume of the wetland is obtained by applying the flow continuity curve transfer method and the lowest is obtained by applying the conservative scenario of the tenant method. Evaluation of wetland volume in flow allocation scenarios based on environmental guidelines defined for rivers demonstrates that the release of flow in the range of environmental discharges is not able to provide suitable ecological conditions as well as appropriate status for tourism. Therefore, deciding on any water withdrawal from the upstream requires a comprehensive analysis of the swamp water balance. By applying the correct management of the input and output components in the swamp balance equation, it is possible to increase the water volume of Anzali wetland to a value that will achieve the highest economic efficiency of the available functions and services by considering all the stakeholders.By applying the correct management of input and output components in the water balance equation of the wetland, it is possible to increase the volume of water in the Anzali wetland to the extent that the maximum economic benefit of the functions and services in the wetland can be done by considering all stakeholders.

Conclusion: The present study gives the important conclusion that it is not possible to exploit any of the rivers entering Anzali Wetland, even if environmental considerations are observed, and before deciding on any operation and construction of dams such as Shafarood Dam, it is essential to analyze the response of the swamp, accuratelycorrectly. To make the results of this study practical, it should be acknowledged that recognizing the balance components and observing the ecological water content of the rivers entering the Anzali Wetland are doubly important, especially in cases where the wetland is subject to special regulations and competition of multiple users.

Keywords: Wetland water balance, Permitted withdrawals, Tennant method, Texas method, GEFC

10.30495/WSRCJ.2022.67333.11302