اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص ۷۰۹-۶۹۹

برآورد تبادل آب بین تالاب و آبخوان (مطالعهٔ موردی: تالاب کانی‌برازان)

حامد کتابچی[1*]، داود محمودزاده[2]، رضا فرهودی هفدران[3]

۱. استادیار، دانشکدهٔ مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۳. کارشناس ارشد، دانشکدهٔ مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۱۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۱/۳۰)

چکیده

ارتباط و اندرکنش آب سطحی و آب زیرزمینی می‌تواند بین پهنه‌های آب سطحی (مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها) و منابع آب زیرزمینی رخ دهد. کمّی‌کردن مقدار تبادل آب بین تالاب و آبخوان از مراحل مهم در مطالعاتی مانند بیلان آب و تعیین نیازهای زیست‌محیطی است. در این مطالعه به‌منظور برآورد نیاز آبی تالاب کانی‌برازان واقع در حاشیهٔ جنوبی دریاچهٔ ارومیه، روی مؤلفهٔ آب زیرزمینی تمرکز شده است. نتایج این مطالعه بیان می‌کند که در دورهٔ زمانی بررسی‌شده از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴، با توجه به آستانهٔ گرادیان هیدرولیکی، تالاب کانی‌برازان همواره از منابع آب زیرزمینی تغذیه شده است. در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ مقادیر تغذیهٔ تالاب از منابع آب زیرزمینی بیشترین مقدار را داشته و به‌ترتیب برابر با ۴/۱۱، ۵/۰۹ و ۳/۷۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. مقدار متوسط سالانهٔ عمق این تالاب کمتر از ۱۶ سانتی‌متر برآورد شده است. اثر زهکش‌ها، کانال‌ها و انهار سنتی بر تالاب هم طی دورهٔ زمانی یادشده بررسی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد این منابع آبی تأثیر مهمی در تأمین آب تالاب دارند. بر اساس داده و اطلاعات موجود، برای مثال در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴، چنانچه اثر زهکش‌ها، کانال‌ها و انهار سنتی بر تالاب در نظر گرفته نشود، به‌ترتیب کاهشی حدود ۱۵ و ۳۰ درصد در حجم آب تالاب تخمین زده می‌شود.

کلیدواژگان: آبخوان، تالاب، تبادل آب، سیستم زهکشی، منابع آب زیرزمینی.

[*] نویسندهٔ مسئول

Email: h.ketabchi@modares.ac.ir

مقدمه

تالاب‌ها، بخشی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی به‌شمار می‌روند. این مناطق به‌واسطهٔ وجود آب متنوع‌ترین اکوسیستم‌های کرهٔ زمین از نظر زیستی هستند و برای حیات وحش مناطقی امن محسوب می‌شوند. این اکوسیستم‌ها فواید و ارزش‌های فراوانی دارند که از جملهٔ آنها می‌توان به تأمین آب برای گیاهان و جانوران، نگهداری رسوبات رودخانه و ته‌نشست گل و لای، فرصت‌های تفریحی و گردشگری، ذخیره‌سازی و تنظیم جریان آب (کنترل سیلاب)، جلوگیری از نفوذ آب‌های شور از دریا به سمت خشکی، کنترل و مهار فرسایش و تثبیت آب و هوای محلی و دما اشاره کرد [۱]. بخش شایان توجهی از گونه‌های گیاهی و جانوری در تالاب زندگی می‌کنند و به همین دلیل حفظ تنوع زیستی کرهٔ زمین ارتباط مستقیمی با حفاظت تالاب‌ها دارد. بررسی مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد امروزه تالاب‌ها در بسیاری از نقاط جهان در معرض تهدیدهای متعددی قرار دارند. طی قرن گذشته بسیاری از تالاب‌ها خشک شده‌اند یا رو به زوال و نابودی نهاده‌اند. از این‌رو، با افزایش درک و اهمیت حیاتی تالاب‌ها، حفاظت و پایش آنها مد نظر قرار گرفته است [۲ و ۳].

امروزه، مدیران در زمینهٔ مدیریت تالاب‌ها با دامنهٔ بسیاری از تصمیم‌ها مواجه هستند که لازم است با اطلاع دقیق از وضع موجود و مد نظر قراردادن شرایطی که ممکن است در آینده رخ دهد، تصمیم صحیحی را اتخاذ کنند. پایش تالاب‌ها با هدف اهمیت این منابع، تأثیرشان بر طبیعت و درنظرگرفتن فرایند احیا و بازسازی برای حفاظت این اکوسیستم‌های مهم و ارزشمند، بسیار مهم و ضروری است. ارزیابی روند تغییرات در منابع و شرایط اکولوژیکی چنین مناطقی، مدیران را در به کارگیری تصمیمات مورد نیاز کمک می‌کنند. تبادل آب سطحی و آب زیرزمینی تأثیر زیادی در دینامیک هر تالابی دارد و از مهم‌ترین منابع تأمین آب تالاب یا هدررفت آن محسوب می‌شود. از این‌رو، به‌منظور برآورد نیاز آبی، تأثیرات تبادل و اندرکنش‌های آب سطحی (تالاب) و آب زیرزمینی (آبخوان) باید در نظر گرفته شود [۴ و ۵].

در بررسی ارتباط بین تالاب و آبخوان، از مدل‌های تحلیلی و عددی به‌طور گسترده‌ای استفاده شده است. تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است که از جملهٔ آنها می‌توان به مطالعهٔ چوی و هاروی [۶] اشاره کرد. چوی و هاروی [۶] در مطالعهٔ خود تغییرات زمانی ارتباط آب زیرزمینی و تالاب‌ها در شمال فلوریدا را بررسی کردند. در این مطالعه با استفاده از یک روش ترکیبی از بیلان جرمی آب و املاح، میزان تغذیهٔ آب زیرزمینی از تالاب برآورد شده است. همچنین در این مطالعه اشاره شده است که به‌دلیل عدم قطعیت‌های موجود، باید سایر روش‌های موجود نیز بررسی شوند. توبیاس و همکارانش [۷]، از سه روش برای برآورد میزان تخلیهٔ آب زیرزمینی به تالاب استفاده کردند. بر اساس مطالعهٔ آنها در بیشتر تحقیقات انجام‌شده به‌دلیل بررسی و برآورد میزان تخلیهٔ آب زیرزمینی به تالاب‌ها، از نوعی رویکرد تحلیلی ساده استفاده شده است. از جمله ضعف‌های رویکرد استفاده‌شده، درنظرنگرفتن ورودی منابع آب زیرزمینی (به‌صورت سری زمانی) است. در مطالعهٔ آنها تغییرات فصلی تخلیهٔ آب زیرزمینی به تالاب با استفاده از سه روش، قانون دارسی، بیلان نمک و استفاده از ردیاب باریم انجام شده است. نتایج بررسی سه روش استفاده‌شده نشان داده است که استفاده از قانون دارسی در شرایط جریان مناسب، برآورد مطمئن‌تری نسبت به دو روش دیگر می‌دهد.

والتر و همکارانش [۸] در مطالعهٔ خود روی تالاب اسنیک در ایالت ماساچوست امریکا، از نوعی مدل عددی برای شبیه‌سازی ارتباط هیدرولوژیکی بین آبخوان و تالاب، تحت شرایط طبیعی و همچنین تحت سناریوهای مختلف زمانی استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام‌شده در این مطالعه نشان داد عوامل مختلفی در بررسی ارتباط هیدرولوژیکی بین آبخوان و تالاب تأثیرگذار است. یکی از این عوامل هدایت هیدرولیکی کف تالاب است. در این مطالعه آمده است که مقادیر هدایت هیدرولیکی مختلف بین تالاب و آبخوان ارتباط هیدرولوژیکی بین آبخوان و تالاب از جمله جهت جریان محلی آب زیرزمینی در اطراف تالاب، نرخ توزیع جریان ورودی به آب زیرزمینی و خروجی از تالاب را کنترل می‌کند. شکل و ابعاد تالاب نیز در این بررسی‌ها تأثیرگذار است. راسن و ورنر [۹] رویکردها و مدل‌های موجود برای بررسی اندرکنش منابع آب‌های سطحی از جمله تالاب‌ها و منابع آب زیرزمینی را بررسی کردند. هدف از مطالعهٔ آنها بررسی مدل‌های موجود به‌منظور شبیه‌سازی اندرکنش منابع آب سطحی و زیرزمینی با درنظرگرفتن رویکردهای مختلف و مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف و همچنین درنظرگرفتن سطوح

مختلف پیچیدگی‌های مدل‌سازی بود. در مطالعهٔ آنها سه سطح پیچیدگی تعریف شده است. در مطالعهٔ آنها، به روش‌های تحلیلی استفاده‌شده در مراجع مختلف به‌منظور بررسی ارتباط و اندرکنش بین منابع آب سطحی و زیرزمینی اشاره شده است.

زاپاتاریوس و پرایز [۱۰] در مطالعهٔ خود با استفاده از روش‌های مختلفی تخلیهٔ آب زیرزمینی به تالاب‌های ساحلی را برآورد کردند. مطالعهٔ موردی آنها تالاب‌های پارک ملی اِورگلادس، در ایالات متحدهٔ آمریکا بود. روش‌های مختلف بررسی‌شده در مطالعهٔ آنها شامل روش بیلان آب، گرادیان هیدرولیکی، به‌کارگیری مواد ردیاب ژئوشیمیایی و روش مبتنی بر دما بود. نتایج مطالعهٔ آنها کمی غیرمنتظره است، زیرا در فصول خشک، در حالتی که سطح آب زیرزمینی پایین است، برای تخلیهٔ آب زیرزمینی بیشترین مقدار برآورد شد. در مطالعهٔ آنها استفاده از روش گرادیان هیدرولیکی توصیه شده است. باراتلی و همکارانش [۱۱] تبادل بین رودخانه و آبخوان با استفاده از یک مدل توزیعی را بررسی کردند. منطقه‌ای که آنها مطالعه کردند، حوضهٔ آبریز رودخانهٔ لویر در کشور فرانسه بود. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد استفاده از مدل‌های توزیعی به‌منظور برآورد تبادل آب بین رودخانه و آبخوان می‌تواند ابزار مناسبی باشد. یوسفی سنگانی و محمدزاده [۱۲] تبادل آب سطحی و آب زیرزمینی و چگونگی اندازه‌گیری نشت آب را بررسی کردند. آنها در مطالعهٔ خود به روش‌های درجا اندازه‌گیری نشت، روش نشت‌سنج و مینی‌پیزومتر اشاره کردند. استفاده از روش محاسبهٔ نرخ نشت با استفاده از قانون دارسی نیز در مطالعهٔ آنها بررسی شد و به عنوان یکی از روش‌های معمول معرفی شد.

بررسی و جمع‌بندی مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد کمّی‌سازی مقدار تبادل آب بین تالاب‌ها و آب زیرزمینی از مراحل مهم در مطالعات بیلان آب و تعیین حقابه‌ها است و به شرایط و مقیاس زمانی و مکانی پروژه نیز وابسته است. تالاب‌های دریاچهٔ ارومیه که در مصب رودخانه‌های زرینه‌رود، سیمینه‌رود، مهابادچای، گدارچای و آجی‌چای شکل گرفته‌اند از مهم‌ترین زیستگاه‌های آبی استان آذربایجان غربی و شرقی محسوب شده و محل تخم‌گذاری و زاد و ولد انواع پرندگان آبزی هستند. با توجه به اهمیت اندرکنش‌های آب سطحی و آب زیرزمینی و تأثیر مهم آن در دینامیک تالاب‌ها، مطالعه روی این موضوع و کمّی‌کردن مقدار تبادل آب بین تالاب کانی‌برازان به‌عنوان یکی از تالاب‌های مهم حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه و آب زیرزمینی از اهداف اصلی این مطالعه در نظر گرفته شده است. در ادامه ضمن پرداختن به روش‌شناسی این مطالعه، محدودهٔ مطالعه، چگونگی برآوردها و بحث و تحلیل‌ها روی آنها ارائه می‌شود.

روش‌شناسی انجام کار

خصوصیات هیدرولوژیکی یک تالاب معمولاً تحت تأثیر جریان آب زیرزمینی منطقه است و ارتباط بین آب زیرزمینی و تالاب در مطالعات مربوط به تالاب تأثیر اساسی دارد. تالاب‌ها معمولاً به دبی و سطح آب ورودی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها وابسته‌اند و اغلب در جایی که نشت آب زیرزمینی به سطح زمین شایان توجه است یا مناطقی که مشکل زهکشی دارند، اتفاق می‌افتند [۱۲]. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در حالتی که تراز تالاب (شمارهٔ ۱) بالاتر از تراز آب زیرزمینی قرار می‌گیرد (شمارهٔ ۳)، تغذیهٔ آب زیرزمینی از تالاب انجام می‌شود، اما چنانچه تراز آب زیرزمینی (شمارهٔ ۳ می‌تواند بالاتر از تراز تالاب، شمارهٔ ۲ قرار گیرد) بیشتر از تراز تالاب باشد، تالاب از طریق آب زیرزمینی تغذیه می‌شود.

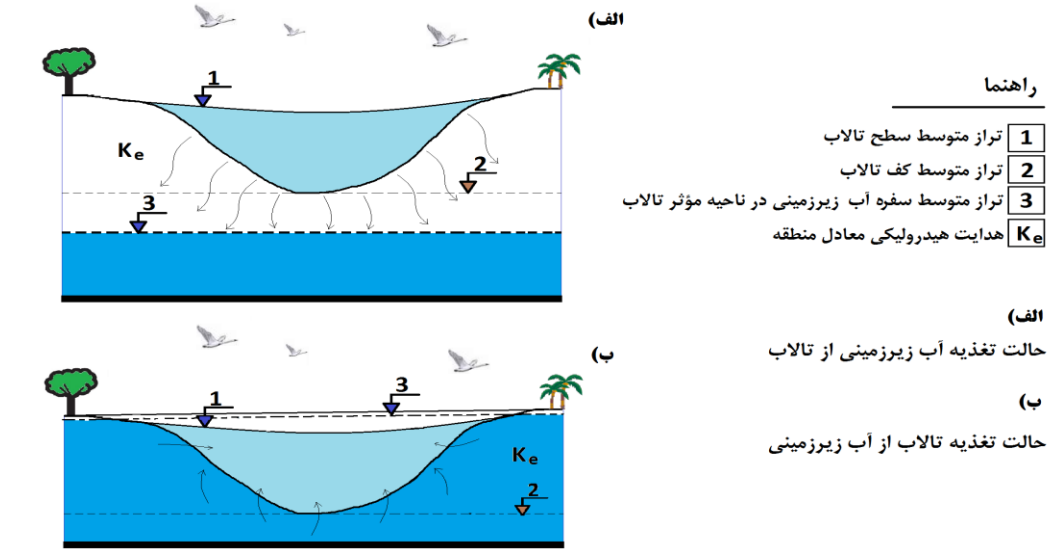
با لحاظ‌کردن مقیاس‌های زمانی و مکانی مناسب و استفاده از داده‌ها و اطلاعات مربوط به آب سطحی و آب زیرزمینی و بهره‌گیری از مشخصات آبخوان منطقه؛ برآورد تبادل آب بین آبخوان و تالاب می‌تواند صورت پذیرد. به‌منظور مدیریت مؤثر منابع آب، درک اصول زیربنایی روابط حاکم بر ارتباط آب زیرزمینی و آب سطحی ضروری و حیاتی است. مراحل اشاره‌شده در شکل ۲ برای کمّی‌سازی تبادل آب بین تالاب و آب زیرزمینی می‌تواند مد نظر باشد.

در روش اندازه‌گیری گرادیان هیدرولیکی، که یکی از روش‌های پرکاربرد برای برآورد تبادل بین آبخوان و تالاب است و در این مطالعه نیز مد نظر است، عموماً رابطهٔ دارسی (رابطهٔ ۱)، برای برآورد ورودی‌ها و خروجی‌ها از آب زیرزمینی استفاده می‌شود. در این رابطه، Q دبی آب زیرزمینی (ورودی یا خروجی) [$L^3.T^{-1}$]، K_s هدایت هیدرولیکی [$L.T^{-1}$]، A مساحت [L^2] برآوردشده بر اساس سطح جانبی مرطوب تالاب در ارتباط با آبخوان و کف متناسب با آن، h_1 هد هیدرولیکی در تالاب [L]، h_3 هد

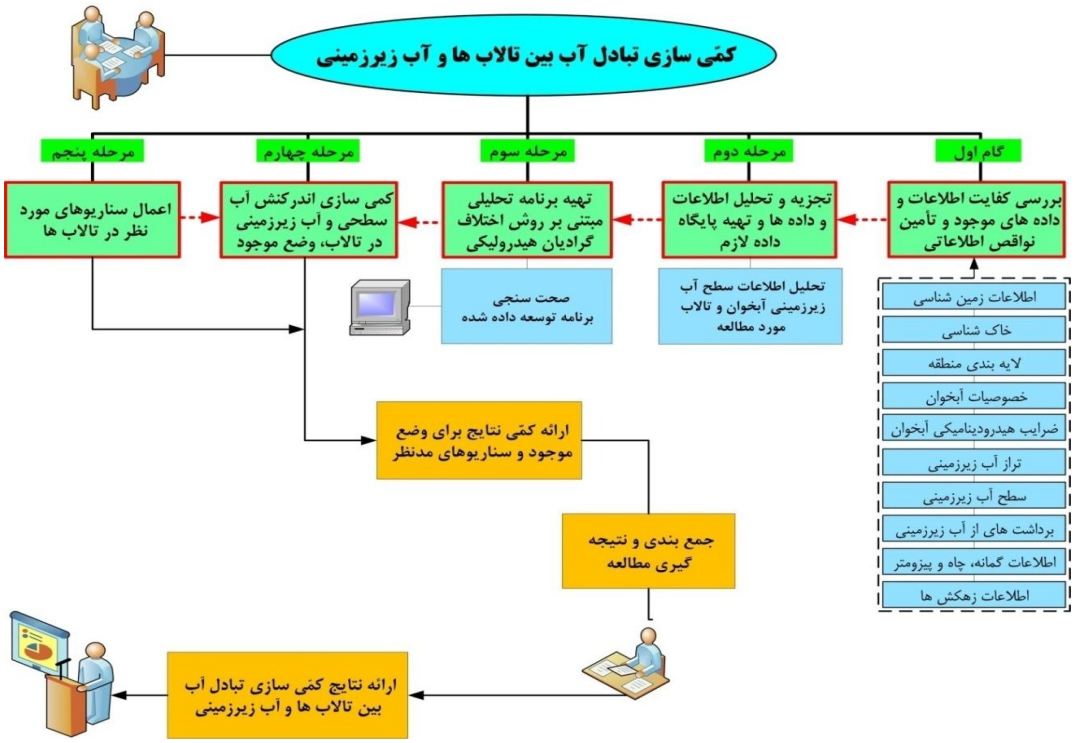
هیدرولیکی در آبخوان [L] و L فاصله [L] بین دو تراز متوسط کف تالاب (تراز ۲ در شکل ۱) و تراز متوسط سفرهٔ آب زیرزمینی در ناحیهٔ مؤثر تالاب (تراز ۳ در شکل ۱) است. دبی برآوردشده از این رابطه با توجه به سطح تالاب به نرخ ورودی یا خروجی از تالاب تبدیل می‌شود [۱۰].

$$Q = K_e A \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (۱)$$

در این مطالعه این روش به‌صورت تعمیم‌یافته در جزءهای ریز زمانی به‌صورت ماهانه و مکانی برای برآورد تبادل بین آبخوان و تالاب طی سال‌های هدف، مد نظر است و برای برآورد تبادل آب در مطالعهٔ موردی تالاب کانی‌برازان استفاده می‌شود. بدین‌منظور در ادامه این محدودهٔ مطالعاتی معرفی می‌شود.



شکل ۱. شمایی از ارتباط بین تالاب و آب زیرزمینی

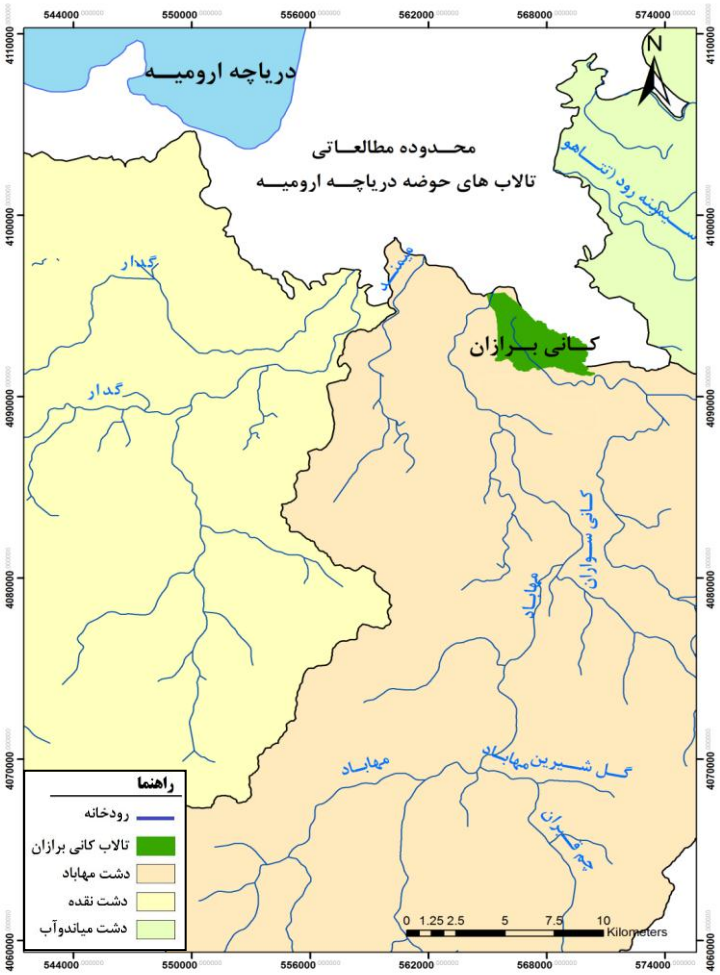


شکل ۲. روند انجام مطالعه و کمّی‌سازی تبادل آب بین تالاب‌ها و آب زیرزمینی

محدودهٔ مطالعه‌شده

تالاب کانی‌برازان در قسمت شمالی حوضهٔ آبریز رودخانهٔ مهاباد در جنوب دریاچهٔ ارومیه واقع شده که در جنوب، توسط کوه‌ها و رخنمون سازند زمین‌شناسی و در شمال، به‌وسیلهٔ پهنه‌های آبگیر وسیع محدود شده است. این تالاب در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شهر مهاباد، شرق رودخانهٔ مهاباد، ۲/۵ کیلومتری روستای خورخوره و حدود سه‌کیلومتری شمال قره‌داغ واقع شده است. از نظر جغرافیایی، این تالاب در مختصات ۴۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۹ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱ دقیقهٔ عرض شمالی قرار دارد. در شکل ۳ محدودهٔ تالاب مد نظر نشان داده شده است.

براساس آخرین مرز مصوب ارائه‌شده از طرف ادارهٔ کل محیط زیست آذربایجان غربی، مساحت پیکرهٔ آبی تالاب ۹/۲۷ کیلومترمربع گزارش شده است. همچنین این تالاب در ارتفاع حدود ۱۲۷۸ متری از سطح دریا قرار دارد. بخشی از یک ناحیهٔ وسیع تالاب در پایین‌دست حوضهٔ آبریز رودخانه‌های مهابادچای و سیمینه‌رود است که در شمال و شرق روستای قره‌داغ گسترده شده است و تا تالاب گروس امتداد دارد. احداث زهکش اصلی ساحل راست شبکهٔ آبیاری مهاباد، تالاب کانی‌برازان را از باقی اراضی تالابی مجاور جدا کرده است. در این محدوده متوسط بارش برابر ۳۸۸/۹ میلی‌متر بر سال (متوسط ۴۵ سال دورهٔ آماری)، متوسط دما برابر ۱۲/۴ درجهٔ سانتی‌گراد، تبخیر پتانسیل برابر ۱۸۶۰ میلی‌متر (متوسط ۳۸ سال دورهٔ آماری) بر اساس ایستگاه سینوپتیک مهاباد است [۱۳].



شکل ۳. محدودهٔ تالاب کانی‌برازان نسبت به دشت‌های اطراف و دریاچهٔ ارومیه

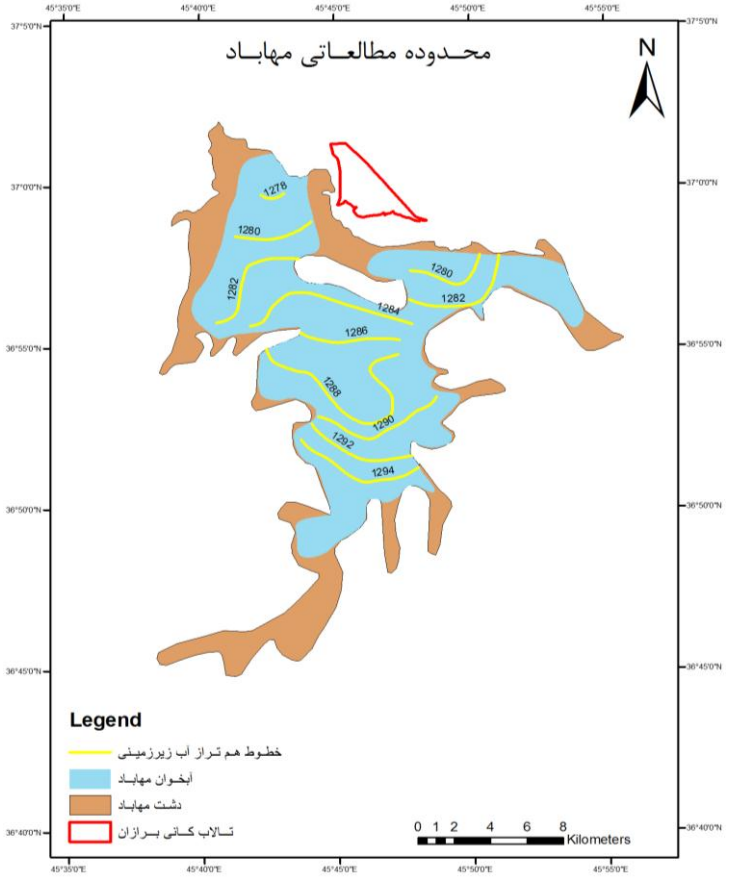
بر اساس مطالعات مؤسسهٔ تحقیقات آب [۱۴]، تالاب کانی‌برازان حدود ۵۰ درصد از نیاز آبی خود را از آب سطحی دریافت می‌کند. منابع آب این تالاب شامل بارش مستقیم روی پیکرهٔ آبی آن و مقادیر خیلی کمی رواناب ناشی از تپه‌های جنوبی اطراف آن است. منابع آب اصلی این تالاب، رودخانهٔ مهاباد و چشمهٔ قره‌داغ است که منابع آب بخش جنوبی، چشمهٔ قره‌داغ است در حالی که بخش شمالی، آب خود را از رودخانهٔ مهاباد از طریق کانال انحرافی موجود در ایستگاه خورخوره دریافت می‌کند. براساس اطلاعات موجود، متوسط جریان ورودی از چشمهٔ قره‌داغ و کانال انحرافی (از رودخانهٔ مهاباد) در سال ۱۳۸۳ به تالاب حدود ۰/۸ و ۰/۹ میلیون مترمکعب گزارش شده است. تا قبل از بهره‌برداری از شبکهٔ آبیاری مهاباد در سال ۱۳۵۷، چشمهٔ قره‌داغ تنها منبع تأمین آب تالاب کانی‌برازان بوده است که در عین حال منبع اصلی تأمین آب برای مصارف کشاورزی نیز به‌شمار می‌رفت. بدین‌ترتیب تغییرات سطح آب تالاب بستگی به چگونگی استفاده از آب این چشمه داشت. در چنین شرایطی تالاب طی فصل بهار نسبتاً پر آب بود و در اواخر تابستان و اوایل پاییز تقریباً به‌طور کامل خشک می‌شد. از سال ۱۳۵۷ پس از بهره‌برداری از زهکش‌های شبکهٔ آبیاری مهاباد، تالاب کانی‌برازان، جریان آب منظم‌تری به‌خصوص طی فصل آبیاری دریافت کرد. به همین دلیل این تالاب فصلی به تالابی تقریباً دائمی با سطح آب نسبتاً پایدار تبدیل شده است. با وجود این، در زمان وقوع خشکسالی شدید بین سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۱، تالاب چندین بار به‌مدت چند ماه خشک شده است. شایان یادآوری است که اطلاعات دقیق‌تری از این زهکش‌ها و آمار مربوط به آن در دسترس نبوده است.

همان طور که در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شود، تالاب کانی‌برازان در مجاورت با محدودهٔ مطالعاتی مهاباد قرار گرفته است. مساحت محدودهٔ مطالعاتی مهاباد معادل ۱۵۰۷ کیلومترمربع است که حدود ۲۵۰ کیلومترمربع آن را دشت آبرفتی تشکیل می‌دهد. دشت آبرفتی مهاباد از یک آبخوان با مساحت ۲۱۰ کیلومترمربع تشکیل شده است و آبخوان در این دشت از نوع آزاد است. بیشترین بهره‌برداری از دشت مهاباد از چاه‌های دشت انجام می‌شود که مقدار آن حدود ۱۷ میلیون مترمکعب گزارش شده است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در محدودهٔ دشت مهاباد از ۲۲ چاه مشاهده‌ای، عمق سطح آب بین ۱/۱۹ متر تا ۱۲/۰۴ متر است. ساختمان اصلی دشت را تشکیلات آبرفتی تشکیل می‌دهد و بیشترین ضخامت لایهٔ آبدار در این دشت حدود ۳۰ متر برآورد شده است. وسعت آبخوان آبرفتی آزاد در محدودهٔ مطالعاتی مهاباد برابر ۱۷۳ کیلومترمربع است و توان آبدهی این آبخوان آبرفتی ۶۵/۶۹ هزار مترمکعب بر کیلومترمربع بر سال محاسبه شده است. همچنین به‌منظور برآورد ضرایب هیدرودینامیکی در سال ۱۳۷۰ تعداد دو حلقه چاه در روستای کوسه کهریز در محدودهٔ مطالعاتی مهاباد حفاری شده که بیشترین ضخامت آبرفت را ۳۰ متر نشان داده است.

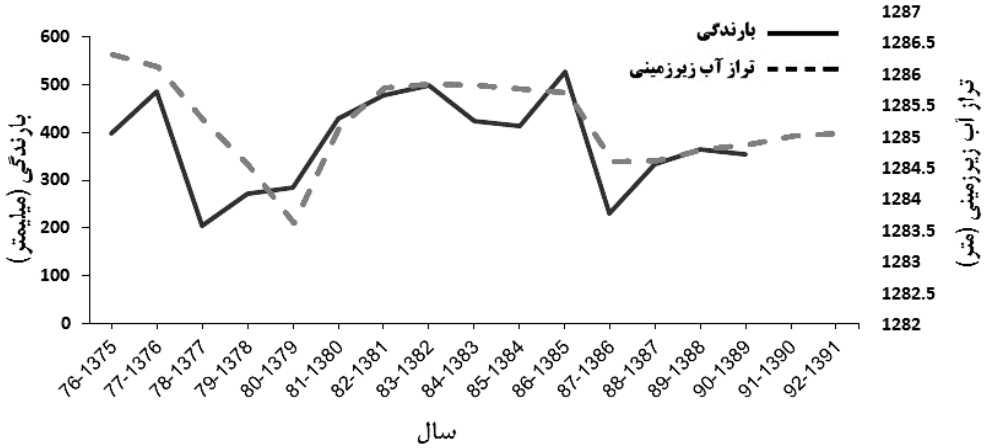
بر اساس مطالعات انجام‌شده، کمترین و بیشترین مقادیر ضریب قابلیت انتقال به‌ترتیب برابر ۲۹۲ و ۹۲۵ مترمربع بر روز برآورد شده است. در اراضی حاشیه‌ای اطراف دشت، میزان قابلیت انتقال رسوبات آبرفتی کمتر از ۵۰۰ مترمربع بر روز است که به سمت مرکز دشت افزایش یافته و در مرکز دشت منحنی ۷۵۰ مترمربع بر روز برآورد شده است. بر اساس نتایج آزمایش پمپاژ، میزان ضریب ذخیرهٔ رسوبات آبرفتی در دشت مهاباد بین ۰/۳ تا ۳/۱ درصد اندازه‌گیری شده است. مطالعات هیدروژئولوژی صورت‌گرفته نشان می‌دهد، متوسط ضریب ذخیره در دشت مهاباد ۳/۶ درصد است. نقشهٔ تراز آب زیرزمینی براساس متوسط عمق سطح آب سفرهٔ زیرزمینی شهریورماه، برای دشت مهاباد ترسیم شده است که در شکل ۴ ارائه شده است. در دشت مهاباد روند منحنی‌های تراز آب زیرزمینی شرقی- غربی بوده و رقوم آنها از جنوب به شمال کاهش یافته و جهت جریان آب زیرزمینی نیز تابع شیب توپوگرافی سطح زمین از جنوب به شمال است. رودخانهٔ مهاباد زهکش آبخوان آبرفتی دشت مهاباد است و براساس اطلاعات موجود، رقوم منحنی‌های تراز آب زیرزمینی در این دشت بین ۱۲۷۸ تا ۱۲۹۴ متر متغیر است [۱۳ و ۱۵].

سطح آب زیرزمینی در این دشت از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ افت کرده و از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ بالا آمده و از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ در حالت تعادل بوده و از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۲ بالا آمده است. به‌منظور بررسی و توجیه رفتار یادشده، در شکل ۵، مقایسهٔ متوسط بارندگی سالانهٔ دشت مهاباد (ایستگاه سینوپتیک مهاباد) و متوسط سالانهٔ تراز آب زیرزمینی دشت مهاباد انجام شده است. همان طور

که در این شکل مشاهده می‌شود، در سال‌هایی کـه میـزان بارش کم بوده اسـت، سـطح سـفرهٔ آب زیرزمینـی نیـز بـا تأخیر زمانی افت داشته است و در سـال‌هـایی کـه میـزان بارش بیشتر شده است، سطح آب زیرزمینـی نیـز افـزایش یافته است. براساس این شکل طی دورهٔ آمـاری ۱۶ سـاله، سطح آب زیرزمینی حدود ۰/۸۷ متر افت کرده که متوسط سالیانهٔ آن برابر شش سانتی‌متر است [۱۳ و ۱۵].



شکل ۴. خطوط هم‌تراز آب زیرزمینی (متر)، آبخوان و دشت مهاباد



شکل ۵. متوسط بارندگی سالانه و متوسط سالانهٔ تراز آب زیرزمینی دشت مهاباد

براساس اطلاعات موجود می‌توان گفت که در این منطقه، تحدب منحنی‌های تراز آب زیرزمینی به سمت جنوب است و خطوط جریان آب زیرزمینی نسبت به محور رودخانهٔ مهاباد همگرا هستند. در اراضی جنوبی دشت، شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی کمتر از ۵ در هزار است که با حرکت به سمت شمال کاهش می‌یابد و در اراضی خورخوره و قره‌قشلاق واقع در شمال دشت به کمتر از یک در هزار می‌رسد.

ارائهٔ نتایج و بحث

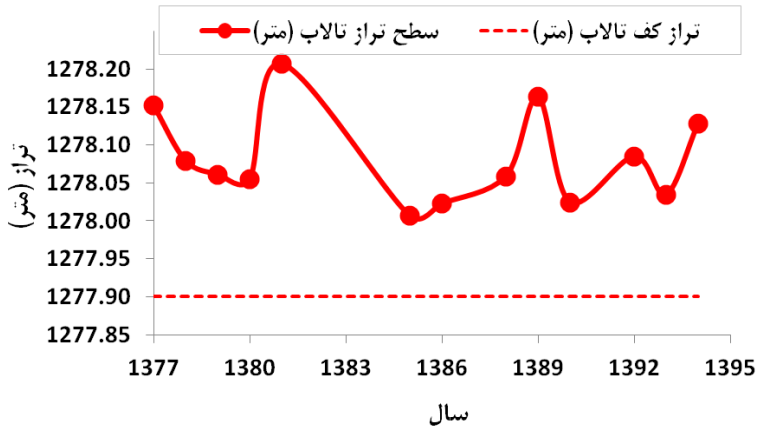
مقادیر تبادل برآوردشدهٔ آب زیرزمینی با تالاب کانی‌برازان در این مطالعه ارائه و تحلیل شده است. این تبادل‌ها براساس روش‌شناسی ارائه‌شده در بخش دوم این مقاله و براساس رابطهٔ ۱ در گام‌های زمانی ماهانه براساس تحلیل داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای موجود برآورد شده‌اند. در شکل ۶ متوسط تراز سالانهٔ تالاب کانی‌برازان برای دورهٔ زمانی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۴ (سال‌های موجود) و تراز کف تالاب نشان داده شده است. تراز کف تالاب با توجه خشک‌بودن آن (مساحت آبی تالاب صفر است) نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ سطح تراز تالاب کاهش یافته و از ۱۲۷۸/۱۵ متر به ۱۲۷۸/۰۵ متر رسیده است. بیشترین تراز تالاب در سال ۱۳۸۱ برابر ۱۲۷۸/۲۱ متر محاسبه شده است. کمترین تراز تالاب نیز در سال ۱۳۸۵ برابر با ۱۲۷۸/۰۱ متر است. پس از سال ۱۳۸۵ تراز تالاب افزایش تدریجی داشته و در سال ۱۳۸۹ به تراز ۱۲۷۸/۱۶ متر رسیده است. همچنین تراز کف این تالاب در شکل ۶ نشان داده شده است که ۱۲۷۷/۹۰ متر است. مقایسهٔ دو شکل ۵ و ۶ نشان می‌دهد رابطهٔ تقریباً مستقیمی میان بارش و تراز تالاب و همچنین تراز آب زیرزمینی و تراز تالاب برقرار است به‌طوری که با افزایش بارش و افزایش سطح تراز آب زیرزمینی (برای نمونه در بازه سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۲) افزایش تراز تالاب نیز مشهود است. البته این تغییرات به عوامل دیگری از جمله آب‌های سطحی ورودی به تالاب، مقدار برداشت از آب‌های زیرزمینی هم مربوط است.

در شکل ۷ متوسط عمق معادل (نسبت حجم تالاب به مساحت آبی آن) به‌منظور داشتن دید کلی از عمق تالاب کانی‌برازان طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۴، نشان داده شده است، متوسط عمق معادل تالاب در سال ۱۳۷۷ و ۱۳۹۴ به‌ترتیب برابر ۰/۱۲ و ۰/۱۶ متر است.

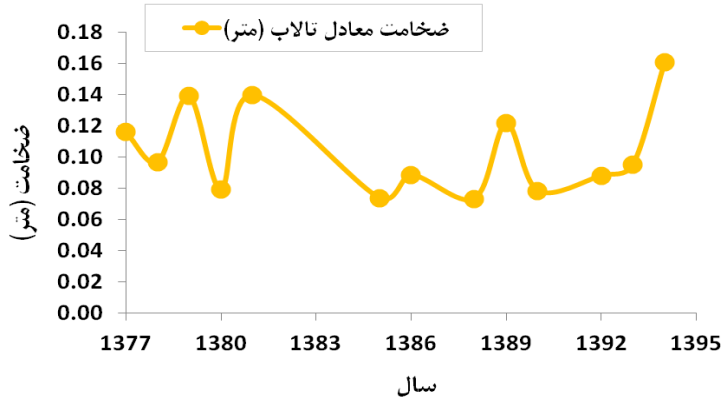
مقادیر سالانهٔ تبادل آب زیرزمینی و تالاب کانی‌برازان، برآورد شده و در شکل ۸ ارائه شده است. طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴ (براساس دادهٔ سال‌های موجود) با توجه به اینکه سطح تراز آب زیرزمینی در همهٔ سال‌ها بالاتر از سطح تراز تالاب است، همواره تالاب از طریق منابع آب زیرزمینی تغذیه می‌شود.

نتایج ارائه‌شده در این بخش نشان می‌دهد آستانهٔ تبادل (با توجه به جهت گرادیان هیدرولیکی) طی این سال‌ها تغییر نکرده و همواره تغذیهٔ تالاب از طریق منابع آب زیرزمینی صورت گرفته است.

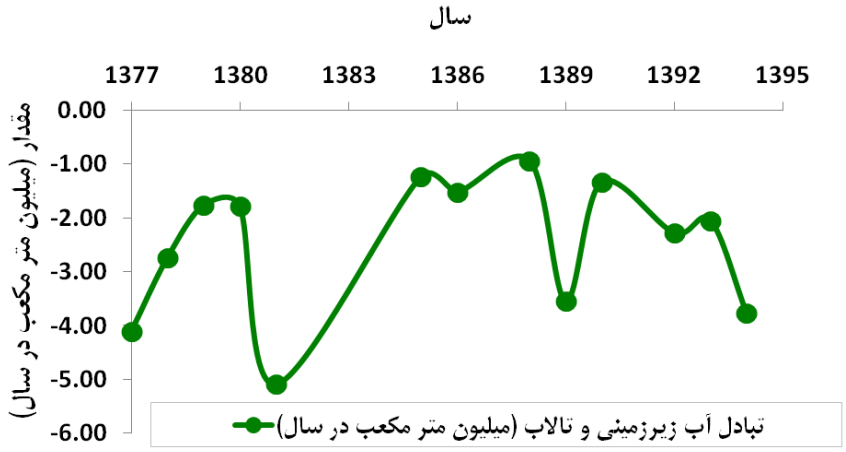
همان طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود در سال ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ مقادیر تغذیهٔ تالاب از منابع آب زیرزمینی بیشترین مقدار را داشته است و به‌ترتیب برابر ۴/۱۱، ۵/۰۹ و ۳/۷۸ میلیون مترمکعب در سال است.



شکل ۶. تراز تالاب کانی‌برازان در دورهٔ زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴



شکل ۷. متوسط عمق معادل تالاب کانی‌برازان طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴



شکل ۸. مقادیر سالانهٔ تغذیهٔ تالاب کانی‌برازان توسط آب زیرزمینی طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴

همان طور که در بخش ۳ مقالهٔ حاضر گفته شد، تالاب کانی‌برازان حدود ۵۰ درصد از نیاز آبی خود را از منابع آب سطحی دریافت می‌کند. حدود ۵۰ درصد آورد آبی تالاب مربوط به کانال انحرافی (از رودخانهٔ مهاباد) و ۵۰ درصد دیگر مربوط چشمهٔ قره‌داغ در بخش جنوبی است که وارد زهکش‌های منتهی به تالاب می‌شود. با این فرض، می‌توان تقریب زد که حدود ۲۵ درصد از آبی که در تالاب وجود دارد مربوط به کانال‌های زهکش ورودی به تالاب است. حال می‌توان فرض کرد که چنانچه اثر زهکش‌ها صرف نظر شود، حدود ۲۵ درصد از حجم تالاب کاهش می‌یابد. با درنظرگرفتن فرضیات یادشده میزان تبادل برای سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ به‌طور نمونه سال‌های با شرایط متفاوت کم‌آبی و متوسط برآورد شده است. در سال ۱۳۸۵ متوسط حجم و مساحت تالاب به‌ترتیب برابر ۰/۰۵۳ میلیون مترمکعب و ۰/۷۱ کیلومترمربع است. همچنین در سال ۱۳۹۴ متوسط حجم و مساحت تالاب به‌ترتیب برابر ۰/۴۸ میلیون مترمکعب و ۳/۱۴ کیلومترمربع است. با درنظرگرفتن فرض کاهش ۲۵ درصد یادشده، در سال ۱۳۸۵ به‌ترتیب حجم و مساحت به ۰/۰۳۹ میلیون مترمکعب و ۰/۵۳ کیلومترمربع و در سال ۱۳۹۴ به ۰/۳۶ میلیون مترمکعب و ۱/۷۰ کیلومترمربع کاهش خواهد یافت که معادل ۲۵ درصد کاهش مساحت برای سال ۱۳۸۵ و حدود ۴۶ درصد کاهش برای سال ۱۳۹۴ است. همچنین تراز تالاب در سال ۱۳۸۵ از ۱۲۷۸/۰۱ متر به ۱۲۷۷/۹۹ متر و در سال ۱۳۹۴ از ۱۲۷۸/۱۳ متر به ۱۲۷۸/۱۰ متر کاهش می‌یابد. نتایج برآورد تبادل آب تالاب با منابع آب زیرزمینی برای سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مقایسهٔ مقادیر تبادل تالاب کانی‌برازان و منابع آب زیرزمینی، با درنظرگرفتن اثر زهکش و بدون درنظرگرفتن آن

سال	مقادیر سالانه (میلیون مترمکعب)
۱۳۸۵ (*)	۱/۰۸
۱۳۸۵ (**)	۱/۲۴
۱۳۹۴ (*)	۲/۹۳
۱۳۹۴ (**)	۳/۷۸

(**): با درنظرگرفتن اثر زهکش (وضع موجود)؛ (*) : بدون درنظرگرفتن اثر زهکش.

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، نتایج به‌دست‌آمده برای حالت با درنظرگرفتن اثر زهکش که معادل وضع موجود است، بیان می‌کند که مقدار تغذیهٔ تالاب از آب زیرزمینی هم در سال ۱۳۸۵ و هم در سال ۱۳۹۴ بزرگ‌تر از نتایج به‌دست‌آمده در حالت حذف اثر زهکش‌هاست. در واقع تالاب از منابع آب زیرزمینی در وضع موجود بیشتر تغذیه می‌شود به‌طوری که مقادیر سالانهٔ تبادل در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ به‌ترتیب ۱۴/۸ و ۲۹ درصد بیشتر از حالتی است که اثر زهکش در نظر گرفته نمی‌شود.

جمع‌بندی

کمّی‌کردن مقدار تبادل آب بین تالاب کانی‌برازان واقع در حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه و آب زیرزمینی در این مطالعه بررسی شده است. روش‌های متفاوتی برای کمّی‌کردن مقدار تبادل آب بین تالاب و آبخوان‌های زیرزمینی وجود دارد که در این مطالعه به‌منظور محاسبهٔ مقادیر تبادل آب زیرزمینی بین تالاب و آبخوان، از روش اندازه‌گیری گرادیان هیدرولیکی و قانون دارسی در حالت تعمیم‌یافته برای جزءهای زمانی و مکانی ریز استفاده شده است. به‌طور کلی، با لحاظ‌کردن مقیاس‌های زمانی و مکانی مناسب و استفاده از داده‌ها و اطلاعات مربوط به آب سطحی و آب زیرزمینی و بهره‌گیری از مشخصات آبخوان منطقه؛ این برآوردها قابل انجام است.

در این پژوهش، پس از مطالعه و تحلیل اطلاعات منابع آب زیرزمینی و تراز تالاب کانی‌برازان، برآورد مقادیر تبادل صورت پذیرفت. نتایج بیان می‌کند که ارتباط هیدرولوژیکی تالاب و آبخوان طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴ برقرار بوده و بر اساس داده و اطلاعات موجود مقادیر تبادل صورت‌گرفته، برآورد شده که بیشترین مقدار برای سال ۱۳۸۱ و برابر ۵/۰۹ میلیون مترمکعب بر سال تخمین زده شده است. تالاب کانی‌برازان، تالابی کم‌عمق با متوسط عمق همواره کمتر از ۱۶ سانتی‌متر برآورد شد. زهکش‌ها، کانال‌ها و انهار سنتی طی دورهٔ زمانی بررسی‌شده در این مطالعه بررسی شده‌اند که اثر آنها روی تالاب مشهود است و برای نمونه در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴، با حذف اثر زهکش‌ها، کانال‌ها و انهار سنتی بر تالاب، حجم تالاب به‌ترتیب از ۱/۲۴ و ۳/۷۸ میلیون مترمکعب به ۱/۰۸ و ۲/۹۳ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد.

با توجه به اهمیت مؤلفهٔ تبادل آب زیرزمینی و تالاب در مطالعات تعیین نیاز زیست‌محیطی تالاب‌ها که امروزه در خطر خشک‌شدن قرار دارند، روش ارائه‌شده در این مطالعه می‌تواند در تخمین این مؤلفه، بسیار کاربردی باشد. تدقیق این مؤلفه با این روش در تخمین واقعی‌تر مقدار آب سطحی مورد نیاز برای حفاظت از تالاب بسیار مفید است به‌طوری که می‌توان با این رویه تخمینی از این کمیت بدون رجوع به مدل‌های پیچیدهٔ آب زیرزمینی و تبادل آب سطحی و زیرزمینی داشت. شایان یادآوری است در این روش نیز داشتن داده‌ها و اطلاعات کامل، برای تخمین‌های واقعی‌تر و دقیق‌تر ضروری است. برای نمونه در مطالعهٔ حاضر در تالاب کانی‌برازان، داشتن داده‌های مربوط به تراز تالاب در ماه‌های بیشتر، اطلاعات دقیق‌تر هیدروژئولوژی منطقه و نیز داده‌های ماهیانه از آب‌های سطحی ورودی و کانال‌های زهکشی می‌توانست در دقت نتایج این مطالعه راهگشا باشد.

قدردانی

این مطالعه در قالب طرح «تعیین نیاز آبی زیست‌محیطی تالاب‌ها و رودخانه‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه» توسط پژوهشکدهٔ مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است. از ادارهٔ کل حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی به‌دلیل حمایت مالی طرح و پژوهشکدهٔ مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس به‌منظور همکاری در تأمین داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این مطالعه، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع

[1]. Rafiei Y, Malekmohamadi B, Abkar AA, Yavari A, Ramezani-Mehrian M, Zahrabi H. Assessment of wetlands environmental changes and protected areas using temporal images Landsat TM (Case Study: Neyriz Wetland). Journal of Environmental Study. 2011; 37(57), 65-76

[2]. Ayafat SA. Wetland Benefits, Compiled by: John Davies and Gordon Claridge, Supported by: IWRB, WA, AWB and Supervised by: Anoushirvan Najafi and Esmail Kahrom. 2000.

[3]. Ganjidoust H, Ayati B, Khara H, Khodaparast SH, Akbarzadeh A, Ahmadzadeh T, Shaban L, Nezami A , Zolfi Nejhad K. Investigation of environmental pollution in Shiah Keshim wetland. Environmental Sciences. 2009; 6(3), 117-132. [Persian].

[4]. Wang Y, Mitchell BR, Nugranad-Marzilli J, Bonynge G, Zhou Y, Shriver G. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: A case study of the northeast temperate network. Remote Sensing of Environment. 2009; 113(7), 1453-1461.

[5]. Jones DA, Hansen AJ, Bly K, Doherty K, Verschuyl JP, Paugh JI, Story SJ. Monitoring land use and cover around parks: A conceptual approach. Remote Sensing of Environment. 2009; 113(7), 1346-1356.

[6]. Choi J, Harvey JW. Quantifying time-varying ground-water discharge and recharge in wetlands of the northern Florida Everglades. Wetlands. 2000; 20(3), 500-511.

[7]. Tobias CR, Harvey JW, Anderson IC. Quantifying groundwater discharge through fringing wetlands to estuaries: Seasonal variability, methods comparison, and implications for wetland-estuary exchange. Limnology and Oceanography. 2001; 46(3), 604-615.

[8]. Walter DA, Masterson JP, LeBlanc, DR. Simulated pond-aquifer interactions under natural and stressed conditions near Snake Pond. Cape Cod, Massachusetts: US Geological Survey Water-Resources Investigations Report. 2002; 99-4174.

[9]. Rassam DW, Werner A. Review of Groundwater-surface water Interaction modelling approaches and their suitability for Australian conditions. E-water cooperative research centre. 2008.

[10]. Zapata-Rios X, Price RM. Estimates of groundwater discharge to a coastal wetland using multiple techniques: Taylor Slough, Everglades National Park, USA. Hydrogeology Journal. 2012; 20(8), 1651-1668.

[11]. Baratelli F, Flipo N, Moatar F. Estimation of stream-aquifer exchanges at regional scale using a distributed model: sensitivity to in-stream water level fluctuations, riverbed elevation and roughness. Journal of Hydrology. 2016; 542, 686-703.

[12]. Yousefi-sangani K, Mohammadzadeh H. Surface water and groundwater exchange and how to measure water leakage. Second national conferences on water. Behbahan Islamic Azad University. 2009. [Persian].

[13]. Water Engineering Research Institute of Tarbiat Modares University. Environmental flow determination of Urmia Lake basin wetlands and rivers, Hydrology studies report, wetland-aquifer exchanges section. East Azerbaijan Department of Environment. 2016. [Persian].

[14]. Water Research Institute. Synthesis report, Integrated water resources management of Urmia Lake basin. West Azerbaijan Regional Water Authority. 2006. [Persian].

[15]. Water budget updating study of Urmia Lake basin. Water and sustainable development Consulting Co. 2014. [Persian].