فصلنامهٔ کواترنری ایران (علمی ـ پژوهشی)، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۱۹۱-۱۹۹

اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی در تالاب قره‌قشلاق ــ ساحل جنوب شرقی دریاچهٔ ارومیه

امیر شمشکی؛ دانشجوی دکترای دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
غلام‌حسین کرمی*؛ دانشیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸

چکیده

تغییرات زمانی و مکانی اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی در تالاب‌ها، به منزلهٔ یکی از زیست‌بوم‌های آبی مهم، بسیار زیاد و پیچیده است. در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک، که میزان بارش‌های جوّی بسیار متغیر و به میزان چشمگیری کمتر از میزان تبخیر است، آب‌های زیرزمینی عامل اصلی تعادل و حفظ محیط زیست تالاب‌ها هستند. در این تحقیق تلاش شد با شناخت بهتر میزان و نحوهٔ تغییرات در اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی تالاب قره‌قشلاق میزان آسیب‌پذیری این زیست‌بوم ارزشمند بررسی شود. این تالاب از نوع تالاب‌های ساحلی است و در انتهای مسیر رودخانه‌های مردوق‌چای و زرینه‌رود در جنوب شرقی دریاچهٔ ارومیه قرار دارد. تالاب‌های انتهایی، مانند این تالاب، به دلیل نداشتن سازوکار حذف نمک، چنانچه در معرض ورود آب شور قرار گیرند، نسبت به سایر تالاب‌ها آسیب بیشتری می‌بینند. در این پژوهش با ترسیم جهت جریان آب زیرزمینی در زمان‌های مختلف این نتیجه به دست آمد که تالاب قره‌قشلاق از آبخوان‌های بالادست خود تغذیه می‌شود. با استفاده از قانون دارسی، میزان آب زیرزمینی ورودی به تالاب در سال آبی ۱۳۹٤ ـ ۱۳۹۵ حدود ۰/۷۳۸ میلیون متر مکعب برآورد شد. در روش دیگر، با استفاده از میزان ایزوتوپ‌های پایدار دوتریم و اکسیژن -۱۸، مقدار آب زیرزمینی ورودی در سال یادشده به ترتیب ۰/۸۰۲ و ۰/۵۵۸ میلیون متر مکعب بر سال تخمین زده شد. ارزیابی مؤلفه‌های بیلان آب در تالاب قره‌قشلاق نشان می‌دهد حدود ۲۰ درصد از آب این تالاب در سال آبی ۱۳۹٤ ـ ۱۳۹۵ با آب زیرزمینی تأمین شده است.

کلیدواژه‌ها: ایزوتوپ‌های پایدار، تالاب، قانون دارسی، نسبت اختلاط.

مقدمه

تالاب‌ها، به دلیل داشتن آب، از زیست‌بوم‌ها بسیار متنوع داخل خشکی‌های زمین هستند. تأمین نیاز آبی بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری، پالایش آب، دربرگرفتن آوردهای رسوبی، کنترل جریان‌های سیلابی، کنترل فرسایش، جلوگیری از نفوذ آب شور به سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق ساحلی، تثبیت و تلطیف آب‌وهوای محلی، و کمک به تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی پایین‌دست از طریق نگه‌داشت و ذخیره‌سازی جریان‌های سیلابی از فواید مهم تالاب‌ها به

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: g.karami@shahroodut.ac.ir

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

شمار می‌آید. در چند دههٔ گذشته، بسیاری از تالاب‌ها خشک شده‌اند یا در حال خشک شدن‌اند. برای مقابله با این رخداد، باید سازوکار و میزان سهم عوامل مؤثر بر ویژگی‌های کمّی و کیفی تالاب‌ها مطالعه شود. تالاب‌ها به میزان چشمگیری تحت تأثیر ویژگی‌های زمین‌شناختی و عمق و جهت جریان آب‌های زیرسطحی هستند (وینتر و وو ۱۹۹۰). به این ترتیب، مطالعهٔ اندرکنش تالاب‌ها و آب‌های زیرزمینی از مراحل مهم مطالعهٔ سازوکارهای مؤثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک تالاب است. گفتنی است این اندرکنش بر مفهوم پیوستگی چرخهٔ آب‌شناسی مبتنی است (براکن و کراک ۲۰۰۷). با توجه به اینکه اندرکنش آب‌های سطحی و زیرسطحی در تالاب‌ها تغییرات بسیار زیادی دارد (سانچس مارتوس و همکاران ۲۰۰۴) مدیریت تالاب‌ها بسیار دشوار و با چالش‌های زیادی همراه است. بنابراین، شناسایی وضع موجود و پیش‌بینی مناسب وضعیت آیندهٔ یک تالاب برای مدیریت مناسب آن ضروری است. از مطالعاتی که با هدف شناسایی وضع موجود تالاب‌ها انجام گرفته مطالعه‌ای است که برنالدز (۱۹۹۲) انجام داد. او جنبه‌های زیست‌بوم‌شناسی اندرکنش تالاب‌ها و آب‌های زیرزمینی را در اسپانیا بررسی کرد و از این دیدگاه تالاب‌ها را به پنج نوع تقسیم و میزان تأثیر آب‌های زیرزمینی را در آن‌ها مشخص کرد. بر اساس تحقیق وی، تالاب‌های تغذیه‌کننده و تالاب‌های مرتبط با آبخوان‌های محلی و سطحی کوچک از افت تراز آب زیرزمینی کمترین تأثیر را می‌پذیرند. توبیاس و همکارانش (۲۰۰۱) با سه روش قانون دارسی، بیلان نمک، و استفاده از ردیاب باریم تغییرات فصلی تخلیهٔ آب زیرزمینی به تالاب را بررسی کردند. این بررسی نشان داد استفاده از قانون دارسی برآورد بهتری را نسبت به دو روش دیگر ارائه می‌دهد. والتر و همکارانش (۲۰۰۲)، با استفاده از مدل‌سازی عددی، اندرکنش تالاب اسنیک در ایالت ماساچوست امریکا را با آبخوان بررسی کردند. از نتایج مهم این مطالعه شناسایی اهمیت میزان هدایت هیدرولیکی کف تالاب در جهت جریان محلی آب زیرزمینی پیرامون تالاب و همچنین نرخ جریان آب زیرزمینی ورودی به تالاب و خروجی از آن بود. در مطالعهٔ آن‌ها شکل و ابعاد تالاب نیز از عوامل مهم در این زمینه معرفی شد. یوسفی سنگانی و محمدزاده (۱۳۸۸) تبادل آب‌های سطحی و زیرزمینی را با استفاده از نشت‌سنج و مینی‌پیزومتر بررسی کردند و نتیجه گرفتند که نشت‌سنج، به مثابهٔ وسیله‌ای سریع و ارزان، می‌تواند تبادل آب‌های سطحی و زیرزمینی را با دقت مناسبی برآورد کند. زاپاتاریوس و پرایز (۲۰۱۲) با هدف بررسی اندرکنش آب زیرزمینی و تالاب‌های ساحلی پارک ملی اورگلادس در ایالات متحده امریکا از روش‌های بیلان آب، شیب هیدرولیکی، ردیابی ژئوشیمیایی، و دما استفاده کردند. در این مطالعه، بین روش‌های یادشده، روش شیب هیدرولیکی روشی مناسب‌تر معرفی شده است. با هدف پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ تالاب‌ها، ناچشون و همکارانش (۲۰۱۴) تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر تالاب‌های واقع در چمنزارهای امریکای شمالی را بررسی کردند. در این مطالعه نتیجه گرفته شد که در پی بارش‌های شدید، پس از دوره‌های خشک‌سالی پرشدت و طولانی، به دلیل افزایش سطح آب‌های زیرزمینی کم‌عمق در خاک‌های شور سطحی و پیرو آن افزایش شدید شوری آب منفذی، تالاب‌هایی که پیش‌تر در ارتفاعی بالاتر از سطح آب‌های زیرزمینی قرار داشته‌اند در معرض شورشدگی قرار می‌گیرند. در این مطالعه بر اهمیت توجه به الگوهای پیش‌بینی تغییرات آب‌وهوایی هر منطقه در پیش‌بینی وضعیت تالاب‌ها با هدف اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب در حفظ آن‌ها تأکید شده است. مک‌کالی و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر کاربری اراضی و زهکشی بر تراز آب و دینامیک تالاب‌ها نتیجه گرفتند که مدل‌های ارزیابی تهیه‌شده به منظور شناخت پاسخ زیست‌بوم‌ها به تغییرات آب‌وهوایی پیش رو

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

که در آن‌ها تغییرات کاربری اراضی در نظر گرفته نشده ممکن است مدل‌هایی ضعیف باشند و نتوانند پیش‌بینی خوبی از پیامدهای آینده داشته باشند.

بررسی و جمع‌بندی مطالعات یادشده نشان می‌دهد شناخت نحوهٔ اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی و پس از آن کمّی‌سازی مقادیر آن گامی ضروری در تهیهٔ مدل‌های مفهومی از وضعیت موجود و همچنین تهیهٔ مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ تالاب‌هاست. با این هدف، در این پژوهش تالاب قره‌قشلاق بناب واقع در ساحل جنوب شرقی دریاچهٔ ارومیه، به منزلهٔ یکی از تالاب‌های بسیار ارزشمند و منحصربه‌فردترین زیستگاه پرندگان کشور، که در معرض آسیب جدّی قرار گرفته، مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

محدودهٔ مطالعاتی

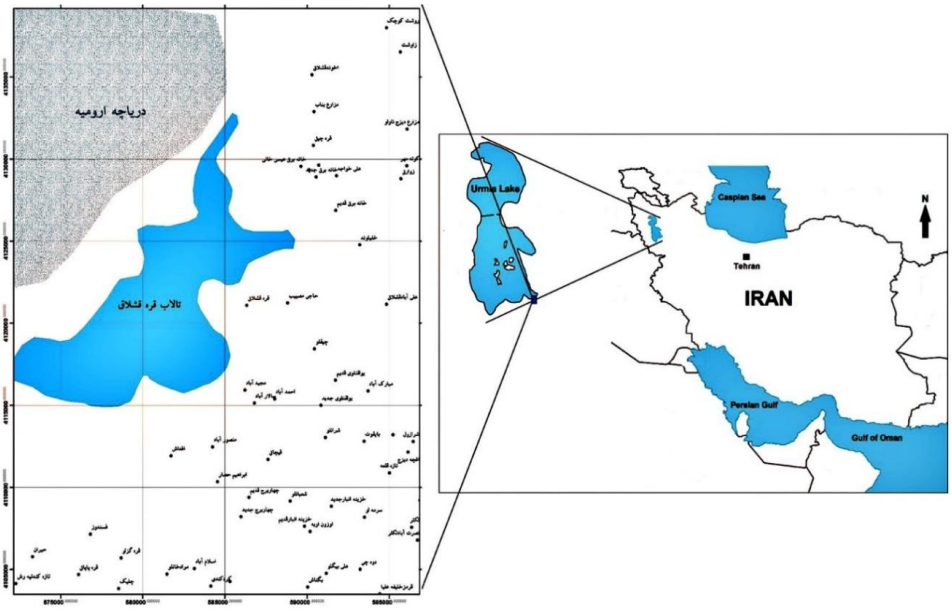
تالاب قره‌قشلاق، که به آن تالاب قره‌قشون نیز گفته می‌شود، در انتهای حوضه‌های آبریز رودخانه‌های مردوق‌چای (مردی‌چای) و زرینه‌رود در مجاورت ساحل جنوب شرقی دریاچهٔ ارومیه قرار دارد. این تالاب با موقعیت جغرافیایی ″۳۸ ′۵۰ °۴۵ تا ″۳۲ ′۵۷ °۴۵ طول شرقی و ″۱۲ ′۱۴ °۳۷ تا ″۵۳ ′۲۲ °۳۷ عرض شمالی در شمال غرب ایران و در محدودهٔ استان‌های آذربایجان غربی و شرقی قرار دارد (شکل ۱). مساحت تالاب قره‌قشلاق حدود ۴۸ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع آن حدود ۱۲۷۵٫۹ متر است. شیب این محدوده بسیار کم (حدود ۰٫۰۴ درصد) و به سمت شمال غربی است. متوسط عمق آب در این پهنه حدود ۱۵ سانتی‌متر است. در محل کانال‌ها و گودی‌ها عمق آب بیشتر است و حتی‌الامکان تردد قایق نیز وجود دارد. در گذشته، سطح آب دریاچهٔ ارومیه به دلایل مختلف، به‌ویژه تغییرات آب‌وهوایی، دچار تغییرات زیادی شده است. این تغییرات بر سطح تالاب‌های مجاور و از جمله تالاب قره‌قشلاق تأثیر گذاشته است. با وجود این، از سال ۱۳۸۰ مساحت این تالاب به طور پیوسته روندی کاهشی داشته است. مساحت محدودهٔ آبی تالاب در اواخر دههٔ ۷۰ حدود ۲۴ کیلومتر مربع و در سال ۱۳۹۲ (کمترین تراز آب در سال‌های اخیر) حدود ۳ کیلومتر مربع برآورد می‌شود. مهم‌ترین منبع تأمین آب تالاب قره‌قشلاق به ترتیب رودخانه‌های مردوق‌چای و زرینه‌رودند. آب رودخانهٔ مردوق‌چای از محلی به نام قوبی وارد این تالاب می‌شود. متوسط سالیانهٔ دمای هوای منطقه ۱۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. ماه‌های تیر و مرداد با متوسط دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌ترین و ماه دی با متوسط دمای ۱ درجهٔ سانتی‌گراد سردترین ماه سال در این منطقه هستند. بیشینهٔ دمای هوا به میزان ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد در ماه مرداد و کمینهٔ دمای هوا به میزان ۱۷- درجهٔ سانتی‌گراد در ماه‌های دی و بهمن مشاهده شده است. متوسط سالیانهٔ بارش‌های جوّی در این پهنه حدود ۲۶۳ میلی‌متر است. در ماه فروردین با ۶۶ میلی‌متر بارندگی و در ماه‌های مرداد و شهریور با حدود ۱ میلی‌متر بارندگی به ترتیب بیشترین و کمترین بارندگی ماهیانه صورت می‌پذیرد. میزان متوسط سالیانهٔ تبخیر و تعرق پتانسیل منطقهٔ مطالعاتی حدود ۱۳۹۹ میلی‌متر تخمین زده می‌شود.

بستر این تالاب شامل نهشته‌های رسوبی دشت سیلابی قدیمی و جدید است. نهشته‌های رسوبی جدید پیرامون مسیر عبور آبراهه‌های مردوق‌چای و زرینه‌رود (شاخهٔ چرچر) مشاهده می‌شود. گسل‌خوردگی‌های زیادی در این محدوده وجود دارد

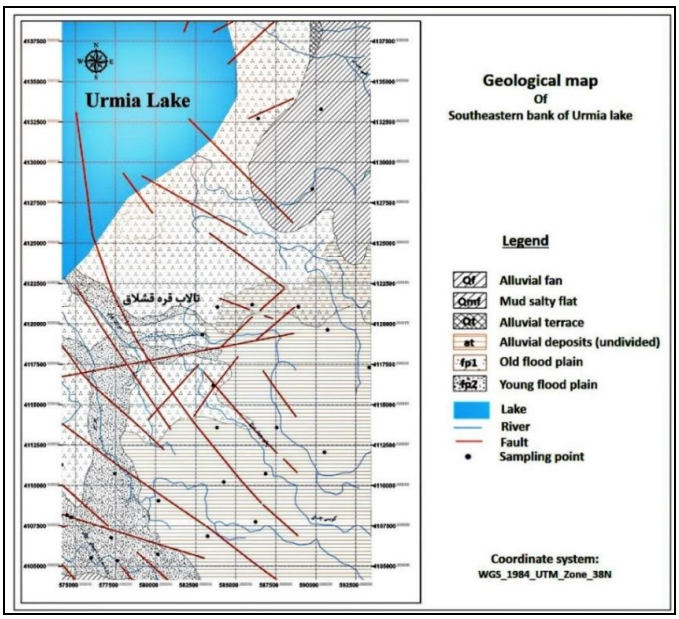
[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

که می‌تواند در مسیر جریان‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین نحوه و میزان تبادل آن‌ها تأثیرگذار باشد.

نتایج آزمون اسلاگ در چهار چاه اکتشافی حفرشده در این پژوهش میـزان قابلیـت انتقـال آب زیرزمینـی را در محـدودهٔ تالاب ۴۰ و ۵۵ متر مربع بر روز و در آبخوان ساحلی (در مجاورت تالاب) حدود ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مربع بـر روز نشـان داد. بـر اساس برداشت‌های ژئوالکتریک، ضخامت لایهٔ اشباع در حوالی تالاب قره‌قشلاق حدود ۱۰ متر تخمین زده می‌شود.



شکل ۱. موقعیت مکانی محدودهٔ تالاب قره‌قشلاق



شکل ۲. نقشهٔ زمین‌شناسی محدودهٔ تالاب قره‌قشلاق

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

روش

تالاب‌ها به طور معمول با آب‌های زیرزمینی پیرامون خود در ارتباط‌اند. چنانچه تراز آب زیرزمینی بالاتر از تراز آب تالاب باشد، تالاب از آب زیرزمینی تغذیه می‌شود. چنانچه وضعیت یادشده برعکس باشد، تالاب سفره‌های آب زیرزمینی پیرامون خود را تغذیه می‌کند.

روش مرسوم برای برآورد میزان آب زیرزمینی ورودی و خروجیْ ترسیمِ مقاطع در جبهه‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی به محدودهٔ مورد نظر روی نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی است. در این روش از قانون دارسی (رابطهٔ ۱) در مقاطع ترسیم‌شده استفاده می‌شود.

$$Q = T.L.i$$

رابطهٔ ۱

در رابطهٔ ۱، Q دبی آب زیرزمینی ورودی یا خروجی $[L^3.T^{-1}]$، T قابلیت انتقال آب زیرزمینی [L.T-2]، L طول مقطع [L]، و i شیب هیدرولیکی است. شیب هیدرولیکی با معادلهٔ $\frac{\Delta h}{b}$ برآورد می‌شود. در این معادله، Δh تفاوت ارتفاعی دو خط تراز مقطع و b [L] عرض مقطع است.

در این پژوهش علاوه بر هجده چاه مشاهده‌ای شرکت‌های آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و غربی، در دشت‌های آبرفتی بالادست تالاب قره‌قشلاق، دو چاه اکتشافی داخل محدودهٔ این تالاب و دو چاه اکتشافی دیگر در شمال و جنوب آن با عمق حدود ۶ متر حفر شد. موقعیت مکانی این چهار چاه در جدول ۲ آمده است. در این نقاط، ضمن تهیهٔ لوگ چاه‌ها، وضعیت دانه‌بندی خاک و سطح برخورد به آب و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی بررسی شد. چاه‌های یادشده، پس از برداشت‌های صحرایی مورد نظر، به چاه‌های مشاهده‌ای تبدیل شدند و تراز آب زیرزمینی داخل آن‌ها از آبان‌ماه ۱۳۹۴ تا شهریورماه ۱۳۹۵ به طور ماهیانه پایش شد.

جدول ۲. مشخصات گمانه‌های حفرشده در این تحقیق

شمارهٔ گمانه	X	Y	ارتفاع (متر)
۱	۵۸۵۵۰۲	۴۱۳۲۷۳۹	۱۲۷۳/۱۳
۲	۵۸۳۸۶۶	۴۱۲۱۰۳۸	۱۲۷۶/۰۵
۳	۵۸۲۹۱۳	۴۱۱۹۳۳۳	۱۲۷۳/۹۷
۴	۵۸۳۵۹۹	۴۱۱۶۱۸۷	۱۲۷۶/۰۸

در این پژوهش، با سنجش میزان ایزوتوپ‌های پایدار دوتریم و اکسیژن ۱۸- در آب‌های زیرزمینی و سطحی موجود در تالاب و آب زیرزمینی موجود در آبخوان شیرین بالادست و آب باران، درصد اختلاط این آب‌ها در محل تالاب با استفاده از رابطهٔ ۲ (یه و همکاران ۲۰۰۹) تعیین شد.

$$C = A\,(1\text{-}X) + BX$$

رابطهٔ ۲

در رابطهٔ ۲، A و B و C به ترتیب مقدار متوسط سالیانهٔ ایزوتوپ پایدار در آب سطحی و آب زیرزمینی و آب تالاب است. عبارت X نسبت تغذیه از آب زیرزمینی و عبارت (1-X) نسبت تغذیه از آب رودخانه است. برای تعیین مقدار

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

ایزوتوپ‌های پایدار دوتریم و اکسیژن ۱۸- در هر یک از فصل‌های خشک (آبان ۱۳۹۴) و تر (اردیبهشت ۱۳۹۵) بیست نمونه از آب‌های زیرزمینی، پنج نمونه از آب رودخانه، و سه نمونه از آب تالاب برداشت و مقدار ایزوتوپ‌های پایدار در آزمایشگاه شرکت پاد کیمیا نوین وابسته به سازمان انرژی اتمی ایران سنجش شد.

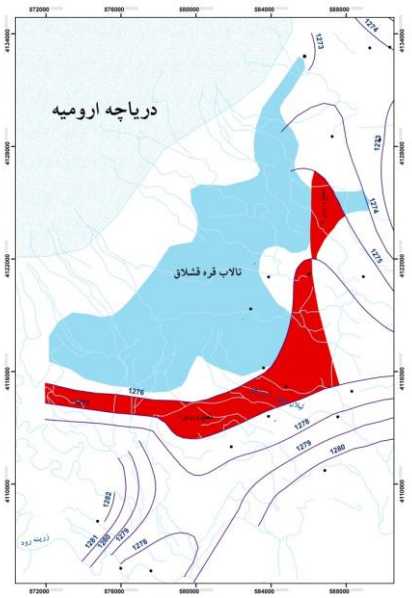
نتایج و بحث

در این مطالعه از دو روش مختلف برای برآورد میزان تبادل آب سطحی و زیرزمینی در محدودهٔ تالاب قره‌قشلاق استفاده گردید که در بخش «روش» دربارهٔ آن‌ها توضیح داده شد. در اولین گام، نقشهٔ هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۴ ـ ۱۳۹۵ تهیه گردید (شکل ۳). این نقشه نشان می‌دهد تالاب قره‌قشلاق از آبخوان بالادست خود تغذیه می‌شود. جهت اصلی تغذیه هم‌سو با رودخانهٔ مردوق‌چای است.

در روش نخست، با استفاده از قانون دارسی (رابطهٔ ۱) در مقاطع ترسیمی بین دو خط تراز آبخوان، مقدار جریان آب زیرزمینی در جبههٔ ورودی به تالاب برآورد شد (جدول ۳). بر اساس این روش، سالیانه حدود ۰٫۷۶۵ میلیون متر مکعب آب از آبخوان بالادست وارد تالاب قره‌قشلاق می‌شود.

جدول ۳. مقادیر جریان آب زیرزمینی ورودی به تالاب قره‌قشلاق

شمارهٔ مقطع	طول مقطع (متر)	شیب هیدرولیکی	متوسط قابلیت انتقال آب زیرزمینی (متر مربع بر روز)	حجم جریان (میلیون متر مکعب بر سال)
۱	۲۰۱۶۰	$۴/۵۵\times۱۰^{-۴}$	۲۰۰	۰/۶۷۰
۲	۱۹۸۰	$۳/۷۷\times۱۰^{-۴}$	۲۵۰	۰/۰۶۸
جمع آب زیرزمینی ورودی				۰/۷۳۸



شکل ۳. نقشهٔ هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹٤ ـ ۱۳۹۵ و محل مقاطع آب زیرزمینی ورودی به تالاب قره‌قشلاق

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

در روشی دیگر بر مبنای اصل اختلاط ترکیب ایزوتوپی، میزان متوسط دو ایزوتوپ پایدار دوتریم و اکسیژن ۱۸- در آب زیرزمینی آبخوان بالادست تالاب، در آب تالاب و آب سطحی ورودی به تالاب تعیین شد (جدول ۴).

جدول ٤. متوسط مقادیر ایزوتوپ‌های پایدار در منابع آب مختلف

نوع ایزوتوپ	آبخوان	آب‌های ورودی سطحی	آب تالاب
دوتریم	-۳۶/۳۰	-۳۹/۰۴	-۳۸/۴۱
اکسیژن-۱۸	-۵/۸۱	-۶/۵۱	-۶/۴

با استفاده از رابطهٔ ۲، سهم آب زیرزمینی بر مبنای میزان دوتریم حدود ۲۳ درصد و بر مبنای میزان اکسیژن ۱۸- حدود ۱۶ درصد برآورد می‌شود. برای تبدیل این سهم به تخمین حجم آب زیرزمینی ورودی باید حجم کل آب‌های ورودی، اعم از سطحی و زیرزمینی، به محدودهٔ تالاب مشخص شود. بر اساس معادلهٔ بیلان عمومی آب (رابطهٔ ۳)، با مشخص بودن میزان آب‌های خروجی سطحی و زیرزمینی و میزان تغییرات حجم مخزن می‌توان مقدار آب‌های ورودی سطحی (بارش مستقیم و آبراهه‌ها) و زیرزمینی به تالاب را برآورد کرد.

رابطهٔ ۳ $$-E\ \Delta V = V_i - V_o$$

در رابطهٔ ۳، ΔV تغییرات حجم مخزن تالاب، V_i حجم آب‌های ورودی سطحی و زیرزمینی، V_o حجم آب‌های خروجی سطحی و زیرزمینی، و E حجم کل تبخیر از منابع آب است. با توجه به اینکه در سال آبی ۱۳۹۳ ـ ۱۳۹۴ و ۱۳۹۴ ـ ۱۳۹۵ مساحت آبی تالاب قره‌قشلاق به ترتیب حدود ۰/۷ و ۳ کیلومتر مربع و ضخامت آب به ترتیب حدود ۰/۰۸ و ۰/۱۵ متر بوده است، تغییرات حجم مخزن تالاب حدود ۰/۴۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌شود. به دلیل ناچیز بودن آب‌های خروجی سطحی و زیرزمینی در این بازهٔ زمانی از مقدار آن‌ها چشم‌پوشی شد. به منظور تخمین میزان آب تبخیرشده از سطح آزاد این تالاب، از رابطهٔ ۴ (مهدوی ۱۳۸۱) استفاده شد.

رابطهٔ ۴ $$E = 4/57T + 43/3$$

در رابطهٔ ۴، E میزان تبخیر بر حسب سانتی‌متر بر سال و T متوسط سالیانهٔ دما بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد است.

با عنایت به اینکه متوسط سالیانهٔ دمای هوا در این محدوده پیرامون ۱۳ درجهٔ سانتی‌گراد است، میزان تبخیر حدود ۱/۰۳ متر بر سال به دست می‌آید. با توجه به مساحت ۳ کیلومتر مربعی پهنهٔ آبی تالاب، حجم آب تبخیرشده برابر ۳/۰۹ میلیون متر مکعب تخمین زده می‌شود. به این ترتیب، کل حجم آب ورودی سطحی و زیرزمینی به محدودهٔ تالاب (V_i) در سال آبی ۱۳۹۴ ـ ۱۳۹۵ برابر ۳/۴۹ میلیون متر مکعب بر سال است. حدود ۰/۷۹ میلیون متر مکعب از این مقدار با بارش مستقیم بر سطح تالاب تأمین شده است. بر این اساس، حجم آب زیرزمینی ورودی در این سال بر مبنای میزان دوتریم برابر ۰/۸۰۲ میلیون متر مکعب و بر مبنای میزان اکسیژن ۱۸- برابر ۰/۵۵۸ میلیون متر مکعب برآورد می‌شود. متوسط این دو عدد برابر ۰/۶۸۰ میلیون متر مکعب بر سال است.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

نتیجه

نتیجهٔ این بررسی نشان می‌دهد بین تالاب قره‌قشلاق و آبخوان‌های بالادست آن ارتباط هیدرولیکی برقرار است؛ طوری که تالاب از سفره‌های آب زیرزمینی بالادست خود تغذیه می‌شود. در این پژوهش با هدف کمّی کردن مقدار اندرکنش آب‌های زیرزمینی و سطحی در محدودهٔ تالاب قره‌قشلاق از قانون دارسی و میزان ایزوتوپ‌های پایدار دوتریم و اکسیژن ۱۸- در منابع آب سطحی (تالاب و رودخانه) و آب زیرزمینی (آبخوان بالادست تالاب) استفاده شد. با استفاده از روش‌های یادشده، میزان تغذیه از آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۴ ـ ۱۳۹۵ از دو روش یادشده به ترتیب حدود ۰٫۷۳۸ و ۰٫۶۸۰ میلیون متر مکعب است. بر این اساس، در سال آبی یادشده فقط حدود ۲۰ درصد از آب‌های ورودی به تالاب قره‌قشلاق از منابع زیرزمینی تأمین شده است. آب زیرزمینی به‌تنهایی فقط حدود ۳ سانتی‌متر از متوسط آب تالاب را تأمین می‌کند. بنابراین، حفظ این تالاب وابسته به آب‌های سطحی ورودی است و مدیریت منابع آب سطحی برای حفظ نیاز آبی آن ضرورت دارد.

با توجه به اهمیت نحوه و میزان اندرکنش آب‌های زیرزمینی و سطحی در تعیین نیازهای زیست‌محیطی، روش‌های ارائه‌شده در این تحقیق می‌توانند روش‌هایی مناسب و کاربردی در تعیین حجم و سهم منابع مختلف در تأمین آب پیکره‌های آبی از جمله تالاب‌ها باشند. به دلیل عدم‌تفاوت چشمگیر در میزان به‌دست‌آمده از روش ایزوتوپی، این روش در کنار روش‌های مرسوم مبتنی بر قانون دارسی روشی مناسب و کارا به نظر می‌رسد. به دلیل عدم‌نیاز روش ایزوتوپی به حفر چاه‌های مشاهده‌ای، احداث ایستگاه‌های آب‌سنجی، پایش مستمر تراز آب‌های زیرزمینی، و دبی آب‌های ورودی سطحی این روش ارزان و سریع است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود کارایی این روش در محدوده‌های دیگر توسط پژوهشگران بررسی شود. در صورت رسیدن به نتایجی مشابه با این تحقیق، روش ایزوتوپی می‌تواند به طور گسترده در بررسی تبادل آب‌های زیرزمینی و سطحی در محدودهٔ تالاب‌ها استفاده شود.

قدردانی

از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به دلیل حمایت از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین مراتب تشکر خود را از مدیران و کارشناسان شرکت‌های آب منطقه‌ای آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی به جهت در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات مورد نیاز صمیمانه ابراز می‌کنیم.

منابع

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۹۵). *نقشهٔ ژئومورفولوژی دریاچهٔ ارومیه*، شرکت رگا زمین‌ساخت.

مهدوی، م. (۱۳۸۱). *هیدرولوژی کاربردی*، چ ۴، انتشارات دانشگاه تهران، ج ۱.

یوسفی سنگانی، ک. و محمدزاده، ح. (۱۳۸۸). «تبادل آب سطحی و آب زیرزمینی و چگونگی اندازه‌گیری نشت آب»، *دومین کنفرانس سراسری آب*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بهبهان.

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]

Bracken, L. J. & Croke, J. (2007). The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff dominated geomorphic systems. Hydrol Process; 21: 1749-1763.

Bernáldez, F. G. (1992). Ecological aspects of Wetland/Groundwater relationships in Spain. Limnetica; 8: pp. 11-26.

Mccauley, L. A., Anteau, M. J., Van Der Burg, M. P., & Wiltermuth, M. T. (2015). Land use and wetland drainage affect water levels and dynamics of remaining wetlands. Ecosphere; 6(6): pp. 1-22.

Nachshon, U., Ireson, A., Van Der Kamp, G., Davies, S. R., & Wheater, H. S. (2014). Impacts of climate variability on wetland salinization in the North American prairies. Hydrol. Earth Syst. Sci.; 18: 1251-1263.

Sa´nchez-Martos, F., Molina-Sa´nchez, L., & Gisbert-Gallego, J. (2004). Groundwater–wetlands interaction in coastal lagoon of Almerı´a (SE Spain). Environ Earth Sci.; 71: pp. 67-76.

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

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

Winter, TC. & Woo, MK. (1990). Hydrology of lakes and wetlands. In: Wolman MG and Riggs HC (Eds.). Surface water hydrology: Boulder, Colo. The Geological Society of America; pp. 159-187.

Yeh, H. F., Lee, C. H., Hsu, K. C., Chang, P. H. & Wang, C. H. (2009). Journal of Environ. Eng. Manage; 19(4): pp. 185-191.

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

[Downloaded from journal.iranqua.ir on 2023-02-22]