جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۳۹۹، دوره۳، شماره۳

محاسبه بیلان آب زیرزمینی دشت ورامین

حمیدرضا عزیزی*[۱]، نیلوفر نجاتیان[۲]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی عمران، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

ایمیل: *azizi.hamidr@gmail.com*

۲) کارشناسی ارشد،گروه مهندسی عمران، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲٤

چکیده

با توجه به افزایش نیازهای آبی در نتیجه رشد روزافزون مصرف در بخش‌های مختلف شرب، کشاورزی و صنعت لزوم ارائه برنامه‌ریزی مناسب جهت ارائه دستورالعمل‌های بهره‌برداری از منابع آبی قابل دسترس و موجود از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. بر اساس این بررسی و نتیجه‌گیری از بیلان است که پتانسیل واقعی آبخوان آبرفتی مشخص و بهره‌برداری مجاز برنامه‌ریزی می‌شود. در این راستا اولین گام، تهیه بیلان آب زیرزمینی جهت بهره‌برداری در شرایط واقعی و آینده می‌باشد. با توجه به افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری، با محاسبه پارامترهای موثر در معادله بیلان(وروردی‌ها و خروجی‌های دشت) برای سال آبی ۹۳-۹٤ تغییرات مخزن ۳۹/۵۹- محاسبه گردید که این بیلان منفی نشان دهنده اُفت روز افزون سطح آب زیرزمینی دشت و کسری مخزن آن می‌باشد. همچنین از مقایسه این عدد با کسری حاصل از تغییرات ذخیره آب زیرزمینی دشت ورامین حاصل از هیدروگراف واحد آبخوان مشخص می‌شود که مؤلفه‌های محاسبه شده بیلان با دقت قابل قبولی صحیح بوده و می‌تواند به عنوان تخمین مناسبی از پارامترهای تخلیه و تغذیه آبخوان در دشت ورامین جهت ساخت مدل ریاضی و مدیریت آبخوان مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آبخوان، بیلان آب زیرزمینی، کسری مخزن، ورامین، هیدروگراف

شاپا الکترونیکی: ۳۸۵۱-۲٦٤٥ *doi: 10.22034/gahr.2021.263228.1487*

مقدمه

با توجه به اهمیت سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک به جهت افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش مصرف و بهره برداری از این منابع، این مخازن مورد تهدید جدی قرار گرفته است. بطوری که هم اکنون افت و کسری مخزن آبخوان‌های اصلی کشور به دلیل عدم توازن میان برداشت و تغذیه رو به افزایش می‌باشد. بر همین اساس اُفت حدود ۰/۵ متر در سال، سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشور در ۱۵ سال اخیر نشان دهنده مدیریت نادرست منابع آب‌های زیرزمینی می‌باشد(افضلی و شاهدی، ۱۳۹۳). همچنین برآورد ویژگی‌های مولفه‌های بیلان آب، به عنوان یک چالش بزرگ در سراسر جهان تعیین شده است(انگونگونده، چی، ژو و همکاران[1] ۲۰۱۵).

بیلان آب زیرزمینی در واقع اندازه گیری پیوسته مقدار جریان آب است که در یک فاصله زمانی مشخص از آبخوان وارد یا خارج می‌شود (تود و میز[2] ۲۰۰٤). عسگری، باندریامین و طهماسبی (۱۳۹۱) بیان داشتند که در بیش از ۹۰ درصد از دشت‌های استان کرمانشاه، میزان تخلیه سالانه آب بیش از میزان تغذیه بوده و بیلان آب زیرزمینی منفی است. جلیلی، حصادی و حدیدی (۱۳۹۳) بیلان آبخوان دشت سراب را منفی و برابر ۲۸/۹۷ – ملیون متر مکعب تعیین کردند. آن‌ها اُفت و کاهش مخزن آبخوان سراب را حاصل مدیریت نامناسب و افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری دانسته‌اند. پورمحمدی، دستورانی، جعفری و همکاران (۱۳۹٤) بیلان آب زیرزمینی دشت تویسرکان استان همدان را به کمک مدل مادفلو محاسبه کردند و نتایج خود را با نتایج بیلان دستی مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده کسری مخزن به میزان ۱۲/۲– ملیون متر مکعب بود. محتشمی، هاشمی منفرد، عزیزیان و همکاران (۱۳۹۹) بیلان آب زیرزمینی آبخوان بیرجند را به روش عددی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده کاهش ۳ ملیون متر مکعبی ذخیره آبخوان بود. پارساد و رائو[3](۲۰۱۸) در پژوهشی به مدل-سازی و تعیین بیلان آبخوان کَندیوالاسا در هند پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در سال ۲۰۱۵ در حدود ۵/٦٦ ملیون متر مکعب آب نیاز است تا دشت دچار کمبود آب نشود. ابریشمچی، خاکبازان فرد وتقوی (۲۰۲۰)

[1] *Ngongondo, Ch, Xu and et al.*
[2] *Todd and Mays*
[3] *Parsad and Rao*

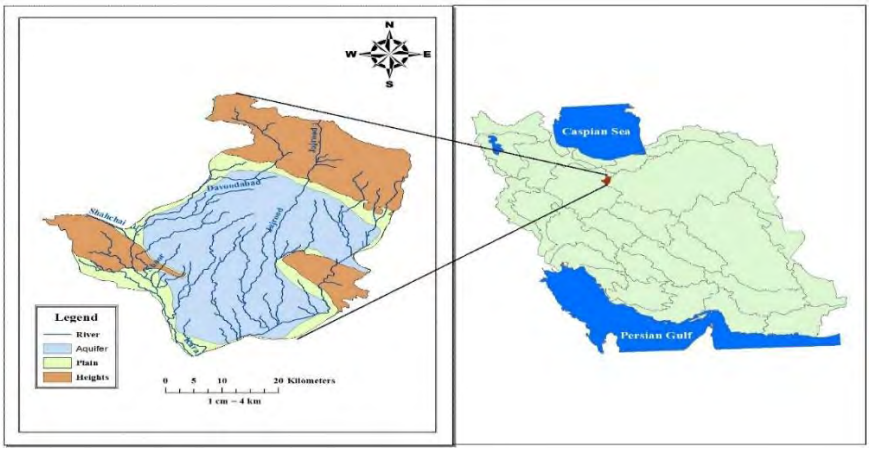
مقدار آب ذخیره شده در آبخوان نیشابور را به کمک مدل ریاضی تخمین زدند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار آب ذخیره شده در بازه هشت ساله ۲۰۰۵-۲۰۱۳ حدود ۳۱۱ ملیون متر مکعب می‌باشد.

با توجه به پژوهش‌های مختلف انجام گرفته در حوزه بخش‌های مختلف بیلان آب، پژوهش پیرامون بررسی نوسان سطح آبخوان و میزان تغییرات حجم مخزن آبخوان جهت مدیریت مناسب آب‌های زیرزمینی و افزایش دقت در مدل‌های آب زیرزمینی ضروری می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر کلیه متغیرهای ورودی و خروجی آبخوان با دقت بالا برآورد شده و میزان تغییرات ذخیره آبخوان تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت ورامین در جنوب شرقی دشت تهران و شمال غربی کویر مرکزی ایران واقع شده است. حوضه آبریز دشت ورامین با وسعتی معادل ۱۷۲۰ کیلومتر مربع از زیرحوضه‌های دریاچه نمک است که در محدوده جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. مساحت ارتفاعات و دشت در این محدوده مطالعاتی به ترتیب ۵۵۱/۰٤ و ۱۰۹۱/۱۳ کیلومتر مربع می‌باشد. ورامین، شریف‌آباد، باقرآباد و حمامک از مهمترین شهرهای موجود در این محدوده مطالعاتی محسوب می‌شوند. مهمترین رودخانه موجود در این محدوده مطالعاتی، رودخانه جاجرود می‌باشد که با گذر از غرب محدوده مطالعاتی و ملحق شدن رودخانه‌های کرج، کن و جریان‌های سطحی خروجی از شهر تهران با نام رودخانه شور وارد محدوده مطالعاتی ورامین می‌گردد. حداکثر و حداقل ارتفاع در این دشت به ترتیب برابر با ۲۳۱۰ و ۸۰۸ متر می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت دشت ورامین در ایران و استان تهران را نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (دشت ورامین)

بیلان آب زیرزمینی

بیلان آب زیرزمینی شکل ویژه‌ای از بیلان عمومی آب است که در آن عوامل متعدد آب ورودی، خروجی و تغییرات ذخیره در منابع آب زیرزمینی یا یک آبخوان واحد زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد. محاسبه این عوامل پیچیده‌تر از عوامل مرتبط با بیلان عمومی آب می‌باشد. تعداد اندکی از این عوامل به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری و یا محاسبه بوده و برخی را می‌توان از اختلاف حجم و یا نسبت‌های بین آب‌های سطحی و عوامل دیگر مثل تبخیر بدست آورد و پاره‌ای را تنها می‌توان به صورت تخمینی ارزیابی نمود. در بیلان آب زیرزمینی لازم است کلیه اجزاء تغذیه با تمام اجزاء تخلیه هماهنگ گردند و هر نوع اختلافی با تغییرات محاسبه شده در ذخیره آب زیرزمینی باید قابل توجیه باشد.

دو مفهوم دوره بیلان و محدوده بیلان از جمله مفاهیمی است که در این بخش به آن اشاره می‌گردد. مقطع زمانی را که در طول آن کلیه عوامل بیلان مورد ارزیابی قرار می گیرد، دوره بیلان می‌گویند. بیلان آب را بر دوره‌های متفاوت یک ماه، یک فصل، یک سال آبی و یا چندین سال می‌توان تهیه نمود. در پژوهش حاضر جهت برقراری معادله بیلان از آخرین آمار و اطلاعات هواشناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژیکی محدوده مورد مطالعه استفاده شده است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، کامل‌ترین اطلاعات موجود در محدوده مورد نظر، مربوط به سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ می‌باشد. لذا بیلان آبخوان برای این سال آبی تهیه شده است.

تعیین حدود آبخوان آبرفتی یکی دیگر از موارد بسیار مهم در آب زیرزمینی است. معمولاً اطلاعات کافی برای شناخت کامل از آبخوان موجود نیست اما براساس اطلاعات موجود و نظرات کارشناسی محدوده آبخوان تعیین می‌شود. برای تعیین محدوده آبخوان ورامین از اطلاعات زمین‌شناسی و بررسی‌های اکتشافی، ژئومورفولوژی و منابع آب استفاده شده است. بررسی‌های آب زیرزمینی این محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد که در این محدوده مطالعاتی آبخوانی با وسعت ۸٤٦/۰٦ کیلومتر مربع (۷۷/۵ درصد مساحت دشت) وجود دارد.

همچنین لازم به ذکر است چنانچه در محدوده یا آبخوانی مجموع عوامل خروجی از مجموع عوامل ورودی بیشتر باشد، بیلان این محدوده متعادل نبوده و به عبارتی بیلان منفی است. در موارد عکس این حالت نیز بیلان را مثبت می‌نامند. برخی از عوامل مربوط به بیلان را به صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کنند و برخی عوامل باتوجه به معلوم بودن دیگر عوامل محاسبه می‌گردد.

معادله بیلان آب زیرزمینی

در محدوده‌هایی که ازدیاد دائمی تغذیه نسبت به تخلیه از منابع آب زیرزمینی وجود دارد این اضافه آب خود را به صورت افزایش ذخیره و زیاد شدن آب چشمه‌ها، قنات‌ها، زهکش‌ها و تبخیر از آب زیرزمینی و باطلاقی شدن قسمتی از زمین‌ها نشان خواهد داد. بر عکس در نواحی که به علت وضعیت آب و هوایی و یا برداشت بی‌رویه کمبود دائمی تغذیه نسبت به تخلیه دیده می‌شود با کاهش در ذخیره و کم شدن آب از زهکش‌ها، تبخیر از سطح سفره آبخوان، آبدهی چشمه‌ها، قنوات و حتی چاه‌ها مواجه خواهد شد. حال چنانچه در اثر اضافه برداشت، دیگر امکان کاهش از ذخیره آب زیرزمینی وجود نداشته باشد آبخوان به سمت خشک شدن پیش رفته و تخلیه از آب زیرزمینی به صورت طبیعی و یا مصنوعی با کاهش آبدهی منابع بهره‌برداری‌کننده و خشک شدن قسمتی از آن‌ها تا رسیدن به میزان تغذیه، تعدیل می‌یابد.

با توجه به مطالب ارائه شده، جهت تهیه بیلان آب زیرزمینی آبخوان دشت ورامین لازم است در یک دوره زمانی مشخص، تغییر حجم آب مخزن (ΔV) که تابعی از جریان‌های ورودی و خروجی از سفره آب زیرزمینی می‌باشد از رابطه ۱ تعیین گردد (تود و میز، ۲۰۰٤).

(۱) (تغییرات حجم مخزن) ΓV = میزان جریان خروجی – میزان جریان ورودی

با توجه به پارامترهای تأثیرگذار بر جریانات ورودی و خروجی از آبخوان و جایگزینی هر یک از آن‌ها در رابطه ۱، می‌توان معادله بیلان آب زیرزمینی را به صورت رابطه ۲ ارائه نمود(تود و میز، ۲۰۰٤):

(۲) $(Q_{in} . R_P . R_r . R_I . R_s) 0 (P_w . P_g . Q_{out} . E_w) \cong \geq \Gamma V$

Q_{in}: جریان‌های ورودی زیرزمینی به سفره آب زیرزمینی دشت

R_P: میزان نفوذ از طریق نزولات جوی به سفره آب زیرزمینی

R_r: میزان نفوذ از طریق جریان‌های سطحی

R_I: میزان نفوذ در سطح مزارع از طریق آبیاری مزارع و فضای سبز

R_s: میزان نفوذ فاضلاب‌های شهری و صنعتی

P_w: میزان برداشت از سفره بوسیله چاه‌ها

P_g: میزان برداشت از سفره بوسیله قنوات و چشمه‌ها

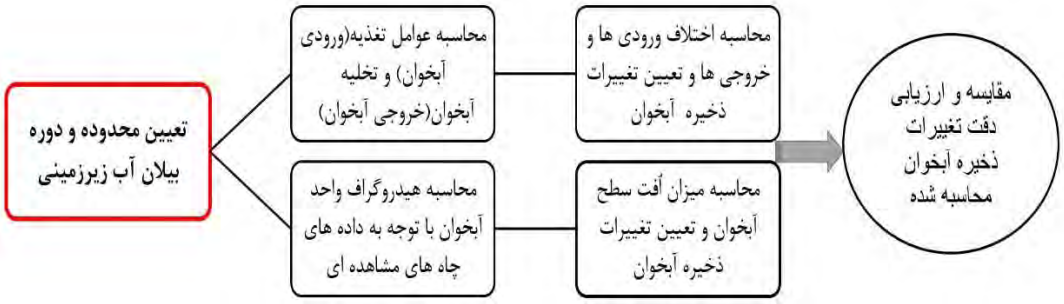
Q_{out}: میزان جریان‌های خروجی زیرزمینی از سفره

E_w: میزان تبخیر از سطح سفره آب زیرزمینی

$\geq \Gamma V$: تغییرات حجم مخزن

لازم به ذکر است *(ΔV)* مثبت، نشان‌دهنده افزایش تراز سطح آب آبخوان (بیلان مثبت) و *(ΔV)* منفی، نشان‌دهنده کاهش تراز سطح آب آبخوان است (بیلان منفی).

در پایان پس از تعیین بیلان آب زیرزمینی و تغییرات حجم ذخیره دشت ورامین به شکل دستی، مقادیر تعیین شده با مقدار ذخیره آبخوان که از نتایج ترسیم هیدروگراف واحد دشت ورامین بدست می آید مقایسه می‌شود(شکل ۲).



شکل۲: گام‌های تعیین و مقایسه برآورد حجم ذخیره آبخوان

تغییرات حجم ذخیره آبخوان از روی هیدروگراف معرف دشت، از رابطه ۳ بدست می‌آید(تود و میز، ۲۰۰٤):

$$\pm \Delta V = A \times \Delta h \times Sy \quad (۳)$$

که در آن ΔV تغییرات حجم ذخیره محدوده بیلان (میلیون متر مکعب)، (A) مساحت محدوده بیلان(آبخوان) (کیلومتر مربع)، Δh تغییرات سطح آب در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره بیلان (متر) و Sy آبدهی ویژه میانگین محدوده بیلان می‌باشد.

محاسبه مؤلفه‌های بیلان آب زیرزمینی دشت ورامین

میزان بارندگی و محاسبه میزان نفوذ از آن و تبخیر و تعرق واقعی

نزولات جوی از فاکتورهای مهم و مؤثر در محاسبه بیلان آبی هر منطقه می‌باشد. بر مبنای آمار و اطلاعات موجود در سطح دشت ورامین، از متوسط بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی باقرآباد، آب ورامین، قشلاق شمس‌آباد و دمای ایستگاه هواشناسی ماملو جهت استخراج اطلاعات ماهانه بارش و دما مرتبط با سال آبی ۹۳-۹٤ استفاده گردید. بر این اساس مجموع بارندگی در این سال آبی در سطح آبخوان برابر با ۹۰/۹۷ میلیمتر است که با ضرب آن در مساحت سطح آبخوان (۸٤٦/۰٦ کیلومتر مربع)، حجم بارندگی سالانه معادل ۷٦/۹٥ میلیون متر مکعب می‌گردد.

جریان‌های سطحی ورودی و خروجی به محدوده بیلان

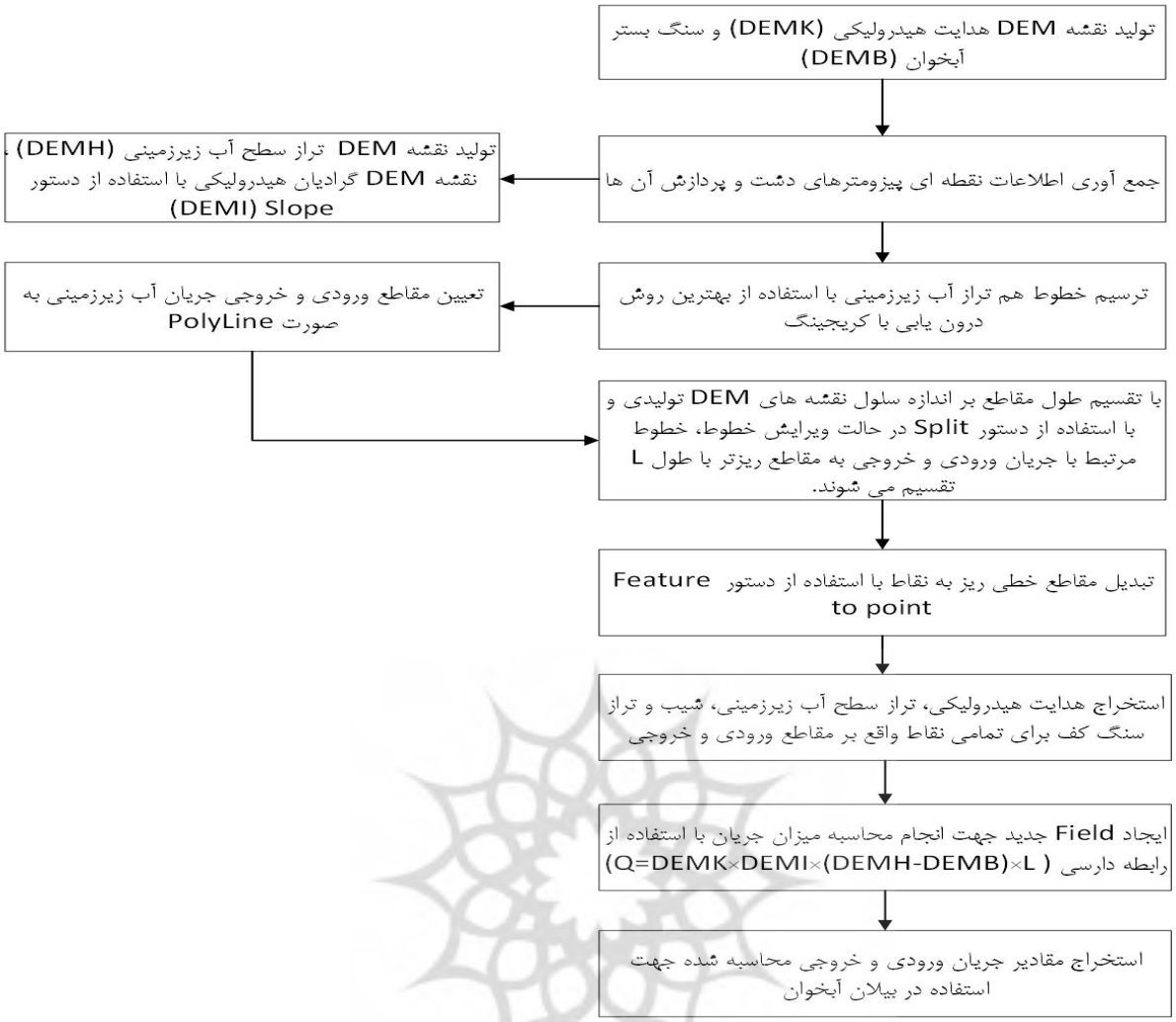
جریان‌های سطحی ورودی به این محدوده مطالعاتی را جریان‌های سطحی خروجی محدوده‌های مطالعاتی دماوند، لواسانات و بخشی از خروجی‌های سطحی محدوده مطالعاتی تهران-کرج تشکیل می‌دهند که به صورت تقریبی در مجموع به مقدار ٤٠٠ میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌شوند.

جریان‌های سطحی خروجی از محدوده مطالعاتی ورامین مشتمل بر خروجی توسط رودخانه جاجرود و خروجی توسط آبراهه‌ها و مسیل‌های جنوب جوادآباد می‌باشند. بر این اساس حجم جریان‌های سطحی خروجی از محدوده مطالعاتی ورامین به محدوده مطالعاتی دریاچه نمک به طور متوسط ۷۸ میلیون متر مکعب در سال برآورد می‌شود. لازم به ذکر است سالانه ۲۷ میلیون متر مکعب آب از محدوده مطالعاتی ورامین به محدوده مطالعاتی مبارکیه توسط سه دهنه نهر جهت استفاده در بخش کشاورزی انتقال داده می‌شود. همچنین بر اساس آمار ایستگاه هیدرومتری شریف‌آباد (تنها ایستگاه هیدرومتری واقع در محدوده مطالعاتی ورامین) که در خروجی رودخانه جاجرود قرار دارد، در سال آبی ٩٤-٩٣، به طور متوسط به میزان ٤٠/٥ میلیون متر مکعب (معادل ١/٢٨ متر مکعب در ثانیه) آب به عنوان خروجی از این ایستگاه ثبت شده است.

جریان‌های زیرزمینی ورودی و خروجی به محدوده بیلان

برای یک آبخوان آبرفتی لازم است جریان‌های زیرزمینی ورودی از سمت ارتفاعات و یا دشت‌های مجاور آن و جریان‌های خروجی به سمت کویر، دریا و دریاچه با دشت پایین‌دست را مشخص نمود. میزان جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی پس از تعیین مقاطع ورودی و خروجی که با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی بدست می‌آید.

لازم به ذکر است جهت محاسبه میزان جریانات ورودی و خروجی از رویکرد تهیه شده در شکل ۳ از نرم‌افزار *GIS* استفاده شده است. بر اساس این ساختار، وجود اطلاعات هدایت هیدرولیکی، تراز سنگ کف آبخوان، متوسط تراز سطح آب زیرزمینی در سال آبی ٩٤-٩٣ به همراه موقعیت آبخوان جهت تعیین میزان جریانات زیرزمینی ورودی و خروجی از سفره آب زیرزمینی ضروری است.



شکل ۳: نحوه محاسبه میزان جریان ورودی و خروجی از آبخوان با استفاده از *GIS*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تبخیر از سطح آبخوان دشت ورامین

جهت محاسبه میزان تبخیر از سطح سفره لازم است با استفاده از اندازه‌گیری‌های صورت گرفته از چاه‌های مشاهده‌ای محدوده مورد مطالعه، نقشه هم‌عمق تراز سطح آب زیرزمینی ترسیم گردد. سپس با توجه به میزان عمق تراز سطح آب زیرزمینی، سطوحی که امکان تبخیر از آن‌ها وجود دارد مشخص شده و با استفاده از ارتفاع تبخیری در نظر گرفته شده برای هر سطح، حجم تبخیر محاسبه می‌گردد.

در این مطالعه ابتدا خطوط متوسط تراز هم‌عمق آب زیرزمینی برای سال آبی ۹۴-۹۳ ترسیم و بر اساس آن اقدام به تعیین سطوح با عمق برخورد به آب کمتر از ۵ متر گردید. با توجه به عمق برخورد با آب، می‌توان

دریافت که در محدوده مورد مطالعه به دلیل برداشت‌های مازاد بر ظرفیت آبخوان، عمق کمتر از ۵ متر دیده نمی‌شود، لذا تبخیر از سطح آب زیرزمینی برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

میزان تخلیه و برداشت از آبخوان

تخلیه و برداشت از آب زیرزمینی مهمترین عامل خروجی آب از آبخوان‌ها به شمار می‌آید که مشتمل بر برداشت (پمپاژ) توسط چاه و تخلیه توسط قنات و چشمه است. در محدوده مطالعاتی ورامین در طی سال آبی ۹۳-۹٤، میزان کل تخلیه از آبخوان آبرفتی توسط چاه و قنات برابر با ٤٥٩/٢٧ میلیون متر مکعب می‌باشد که از این میزان تخلیه، ٤٥٠/٦٥ میلیون متر مکعب مرتبط با ۲۰۰۱ چاه عمیق و ۱۰٤۹ چاه نیمه‌عمیق و ۸/٦۲ میلیون متر مکعب مرتبط با ۱٦ رشته قنوات می‌باشد. لازم به ذکر است سهم چشمه‌ها در تخلیه از این آبخوان آبرفتی بسیار ناچیز و در حدود ۰/۰۰٦۳۱ میلیون متر مکعب می‌باشد.

مصارف آب

مصارف آب مشتمل بر مصرف در سه بخش شرب، کشاورزی و صنعت است. میزان کل مصرف در محدوده مطالعاتی ورامین برابر با ۷۸۸/۲٦۸ میلیون متر مکعب می‌باشد که از این میزان، ۳۲۹/۳۷۸ میلیون متر مکعب از جریانات سطحی (مشتمل بر برداشت توسط انهار و موتور پمپ از منابع آب سطحی) و ٤٥۸/۸۹ میلیون متر مکعب آب از منابع آب زیرزمینی (مشتمل بر چاه، چشمه و قنات) برداشت می‌شود. از کل ۷۸۸/۲٦۸ میلیون متر مکعب آب مصرفی، به میزان ۷۰۳/۲۳۸ میلیون متر مکعب (معادل ۸۹/۲۱ درصد) آب در بخش کشاورزی، ٦۸/٦٤ میلیون متر مکعب (معادل ۸/۷ درصد) در بخش شرب و ۱٦/۳۹ میلیون متر مکعب (معادل ۲/۰۹ درصد) در بخش صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان مصرف آب در سطح آبخوان آبرفتی که بیلان آب زیرزمینی برای آن تهیه می‌شود برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب برابر با ٦٤٥/۳۲، ٦۳ و ۱۱ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. بر این اساس میزان کل برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی در سطح آبخوان مورد مطالعه برابر با ۷۱۹/۳۲ میلیون متر مکعب در سال است.

حجم آب نفوذ یافته ناشی از مصارف محدوده بیلان

در محدوده مطالعاتی ورامین عمده آب مصرفی در مزارع از طریق آبیاری کرتی و سنتی انجام می‌شود و در نتیجه میزان تغذیه از آب مصرفی آب کشاورزی برابر با ۱۸۷/۱٤ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که معادل ۲۹ درصد میزان آب مصرفی است. میزان آب نفوذیافته از مصارف آب شرب و صنعت به دلیل اینکه دفع پساب آن‌ها عمدتاً از طریق چاه‌های جذبی صورت می‌گیرد، برابر با ٤۸/۱ میلیون متر مکعب در سال بدست می‌آید که معادل ٦٥ درصد آب مصرفی است.

نتایج و بحث

نتایج میزان بارندگی و محاسبه میزان نفوذ از آن و تبخیر و تعرق واقعی

نفوذ بارندگی از سطح آبخوان، جزئی از تغذیه سطحی محسوب می‌شود. مطابق جدول ۱، از مجموع ۹۰/۹۷ میلیمتر بارش در سطح دشت، ٤٦/۹۲ میلیمتر به صورت رواناب و ۱٤/۹٦ میلیمتر آب نفوذ یافته به منابع آب زیرزمینی در نظرگرفته شده است. با احتساب سطح آبخوان آبرفتی ۸٤٦/۰٦ کیلومتر مربع، میزان کل آب نفوذیافته به سفره زیرزمینی در نتیجه بارش برابر با ۱۲/٦٦ میلیون متر مکعب خواهد بود.

جدول ۱: محاسبه میزان نفوذ و رواناب ناشی از بارش در سطح آبخوان ورامین

پارامتر / ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بارندگی P	٥/۳۳	۱٥/٥	٦/۷۳	۳/۷۷	۹/۷۳	۱٥/۲	۲۲	۰/۷۳	۰/۳۷	۳/۳۳	۰	۸/۲۷	۹۰/۹۷
درجه حرارت T	۲۰	۱۰/٤	۷/٥	٦/۳	۷/۹	۷/۹	۱٤/۹	۲۱/۱	۲۷/٤	۳۱/۱	۲۹/٦	۲٥/٤	۱۷/٤٦
شاخص حرارتی ماهانه i_m	۸/۱۱	۳/۰۲	۱/۸٤	۱/٤۲	۲	۲	٥/۲	۸/۷۹	۱۳/۰٥	۱٥/۸	۱٤/٦٦	۱۱/٦٤	۸۷/٥۳
ضریب اصلاحی N_m	۰/۹۷	۰/۸٦	۰/۸٥	۰/۸۷	۰/۸٥	۱/۰۳	۱/۰۹	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۲۳	۱/۱٦	۱/۰۳	–
تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح شده (میلیمتر) E	۱۳/٤	۱/۷۸	۰/٦۸	۰/٤۲	۰/۷۹	۰/۹٦	٦/٤	۱۹/٥٤	٤۱/۷۱	٦۱/۲٥	٥۰	۲۸/٥	۲۲٥/٥
میزان آب ذخیره شده در خاک (نفوذ+رواناب) (میلیمتر)	۰	۱۳/۷۲	٦/۰٥	۳/۳٥	۸/۹٤	۱٤/۲٤	۱٥/٥۹	۰	۰	۰	۰	۰	٦۱/۸۸
میزان نفوذ ناشی از بارش (میلیمتر)	۰	۲/۹٦	۱/۹۷	۱/٤٦	۲/۳۹	۳/۰۲	۳/۱٦	۰	۰	۰	۰	۰	۱٤/۹٦
تبخیر و تعرق حقیقی (میلیمتر)	٥/۳۳	۱/۷۸	۰/٦۸	۰/٤۲	۰/۷۹	۰/۹٦	٦/٤۱	۰/۷۳	۰/۳۷	۳/۳۳	۰	۸/۲۷	۲۹/۰۸

نتایج محاسبه میزان جریان ورودی و خروجی از آبخوان با استفاده از *GIS*

بر مبنای ۳۲۰ مقطع ورودی و ۱۵۳ مقطع خروجی تعیین شده در محدودهٔ آبخوان دشت ورامین، مقدار کل جریان ورودی و خروجی زیرزمینی در سال آبی ۹۴-۹۳ به ترتیب برابر با ۱۱۶/۰۷ و ٤۱/٤۳ میلیون مترمکعب محاسبه و برآورد گردید. بر این اساس در این سال آبی به صورت خالص، ۷٤/٦٤ میلیون متر مکعب آب به ذخیره سفره توسط جریانات مرزی ذخیره می‌شود(جدول ۲).

جدول ۲: محاسبه میزان جریان ورودی و خروجی از آبخوان ورامین در سال آبی ۹٤-۹۳

نوع مقطع	شماره مقطع	تعداد مقطع	متوسط ضخامت لایه اشباع (متر)	متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی (متر بر ثانیه)	طول مقطع (متر)	متوسط گرادیان هیدرولیکی	میزان جریان *(MCM)*
ورودی	۱	۱٤۱	٥۰/٦٤	۲۳/۰٥	۲۷٥٦۹/۱۱	۰/۰۰٦٦	٥۹/۰۷
	۲	۷۸	٥۱/٤٦	٥/۸	۱٥۱۹۱/۲٦	۰/۰۰٤۳	٦/۷۸
	۳	۳٥	٥۳/۷۹	۱۹/۳۹	٦۷۹۱/۸۷	۰/۰۰۳۳	۸/٦۹
	٤	٦٦	٥۳/۲	۲٦/۸۸	۱۲۹۱۸/٥۳	۰/۰۰٦٦	٤۱/٥۲
مجموع جریانات ورودی زیرزمینی							۱۱٦/۰۷
خروجی	۱	۷۱	۸۸/٤۲	۱۰/۹٥	۱٥۹۷۰/۸٤	۰/۰۰۸	۳۷/٥٦
	۲	۸۲	٦۱/۱٤	٦/۲۸	۱۳۹٤۷/۸۳	۰/۰۰۱۸	۳/۸۷
مجموع جریانات خروجی زیرزمینی							٤۱/٤۳

تنظیم جدول بیلان آبخوان دشت ورامین

با قرار دادن پارامترهای مؤثر در تخلیه و تغذیه آبخوان که در بخش قبل مورد محاسبه قرار گرفت، می‌توان مقدار تغییرات حجم مخزن آب زیرزمینی را بدست آورد. باتوجه به جدول ۳، مخزن آب زیرزمینی دشت ورامین در سال آبی ۹٤-۹۳ با کسری معادل ۳۹/٥۹- میلیون متر مکعب مواجه است که این روند منجر به افت تصاعدی آبخوان شده و وضعیت ذخیره منابع آب زیرزمینی دشت را با بحران مواجه نموده است.

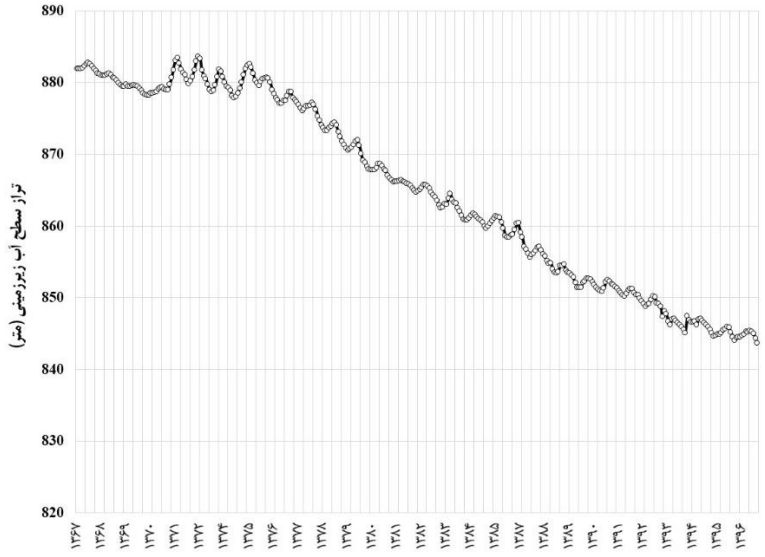
جدول۳: بیلان آبخوان دشت ورامین در سطح ۸٤٦/۰٦ کیلومتر مربع برای سال آبی ۹٤-۹۳ *(MCM)*

مؤلفه بیلان		تغذیه	تخلیه
جریان ورودی از مرز آبخوان		۱۱٦/۰۷	
نفوذ از بارندگی		۱۲/٦٦	
نفوذ از جریانات سطحی		۳۰/۸۱	
آب برگشتی از مصارف	کشاورزی	۱۸۷/۱٤	
	شرب و صنعت	٤۸/۱	
جریان خروجی از مرز آبخوان			٤۱/٤۳
میزان تبخیر از آبخوان			۰
برداشت از چاه‌ها و قنوات آبرفتی			۳۸۹/۹٤
زهکشی از رودخانه			۳
مجموع		۳۹٤/۷۸	٤۳٤/۳۷
تغییرات حجم مخزن		-۳۹/۵۹	

محاسبه تغییرات حجم ذخیره آبخوان بر اساس ضریب ذخیره

این روش مطمئن‌ترین و دقیق‌ترین راه برای محاسبه تغییرات حجم ذخیره آبخوان می‌باشد زیرا تنها تعیین پارامتر ضریب ذخیره معادل آبخوان، دارای دقت زیادی نیست در حالی که اندازه‌گیری سایر پارامترها دارای دقت بالایی است در حالی که در تعیین بیلان آبخوان آبرفتی از طریق کنترل و اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها، تمام پارامترها دارای دقت زیادی نیستند. لذا در روش اندازه‌گیری بر اساس ضریب ذخیره، اگر در تعیین ضریب ذخیره معادل آبخوان نهایت دقت بکار گرفته شود، بیلان آب زیرزمینی با دقت بالایی محاسبه می‌شود.

در محدوده بیلان ضریب ذخیره به طور متوسط برابر با ٦ درصد بوده و میزان تغییرات سالانه تراز سطح آب زیرزمینی در سال آبی ۹۳-۹٤، با توجه به تعیین هیدروگراف تراز سطح آب زیرزمینی دشت ورامین با توجه به اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای در طی یک دوره ۳۰ ساله برابر با ۷۸- سانتیمتر می‌باشد(شکل ٤).



شکل ٤: هیدروگراف تراز سطح آب زیرزمینی دشت ورامین در طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳٦۷-۹۷)

همچنین مساحت محدوده بیلان در نظر گرفته شده برابر با ۸٤٦/۰٦ کیلومترمربع است. با جایگذاری این مقادیر در رابطه (۳)، میانگین تغییرات حجم مخزن محدوده بیلان در سال آبی ۹٤-۹۳ محاسبه می‌شود:

$$\Delta V = S_y \times \Delta h \times A = 0.06 \times 0.78 \times 846.06 = -39.59 \text{ MCM}$$

در نتیجه در دوره بیلان، محدوده آبخوان ورامین به میزان ۳۹/۵۹ میلیون متر مکعب با کاهش حجم مخزن مواجه است. از مقایسه این عدد با کسری حاصل از جدول بیلان(به شکل دستی) مشخص می‌شود که مؤلفه‌های محاسبه شده بیلان با دقت قابل قبولی صحیح بوده و می‌تواند به عنوان تخمین مناسبی از پارامترهای تخلیه و تغذیه آبخوان دشت ورامین جهت مدیریت و یا مدل سازی آبخوان مطرح باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف اصلی از این مطالعه محاسبه بیلان آب زیرزمینی است و برای اولین بار در این تحقیق، در دشت ورامین با مقایسه تغییرات ذخیره آبخوان به شکل دستی و مقایسه با هیدروگراف واحد آبخوان انجام گرفت.

روند اُفت سطح ایستابی و بیلان منفی دشت، از نتایج تحقیق حاضر می‌باشد، به طوریکه علیرغم کنترل برداشت از سفره، کماکان افت و کسری مخزن در دشت ورامین وجود دارد بطوریکه در سال آبی ۹۳-۹٤ سطح سفره آب زیرزمینی در حدود یک متر اُفت و ۳۹/۵۹ – ملیون متر مکعب کسری مخزن داشته است. افزایش تعداد

چاه های غیر مجاز و همچنین اثر شدید تغییرات اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی دشت ورامین(عزیزی و همکاران ۱۳۹۹) و عدم تخصیص بهینه برداشت از منابع آب زیرزمینی میتواند نشان دهنده عدم مدیریت صحیح آبخوان باشد.

با توجه به شرایط موجود سفره و ادامه روند افت و کسری مخزن دشت ، اصلاح الگوی کشت، اجرای طرح های تعادل بخشی ، استفاده از روشهای تغذیه مصنوعی و محدودیت در میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی اجتناب ناپذیر می‌باشد.

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از همکاری شرکت آب-صنعت-انرژی، سازمان هواشناسی کل کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران تشکر و قدردانی گردد.

منابع

افضلی، آتیکه و شاهدی، کاکا (۱۳۹۳). بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل-بابل. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، سال پنجم، شماره ۱۰، ص ۱٤٤-۱٥٦.

جلیلی، جلال؛ جلیلی، خلیل؛ حصادی، همایون و حدیدی، مسلم (۱۳۹۳). تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکشی سطحی با استفاده از روش *AHP* مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۸، شماره ۲٤، ص ۲۹-۳۷.

عسگری، رحیم؛ باندریامین، امین؛ طهماسبی، بهروز و جامی الاحمدی، مجید(۱۳۹۱). ارزیابی پایداری کشاورزی با استفاده از شاخص های پایداری، اولین همایش ملی بیابان، خرداد ماه، تهران، ایران، ۱۱ ص.

عزیزی، حمیدرضا؛ ابراهیمی، حسین؛ محمد ولی سامانی، حسین و خاکی، ویدا (۱۳۹۹). ارزیابی شدت اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت ورامین با استفاده از شاخص*NISTOR* . تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱٦، شماره ۳.

محتشمی، علی؛ هاشمی منفرد، سید آرمان؛ عزیزیان، غلامرضا و اکبرپور، ابوالفضل (۱۳۹۹). محاسبه بیلان آب زیرزمینی به کمک روش عددی *MLPG* مطالعه موردی: آبخوان آزاد بیرجند. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۱٤، شماره ٤، ص ۱٤٦۰-۱٤۷٤.

پورمحمدی، سمانه؛ محمدتقی دستورانی، محمدتقی؛ جعفری، هادی؛ رحیمیان، محمدحین؛ گودرزی، مسعود؛ مسماریان، زهرا و باقری، فاطمه (۱۳۹٤). بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت تویسرکان همدان به کمک مدل ریاضی مادفلو. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ٤، ص ۳۷۱-۳۸۲.

Ngongondo, C., CH. Y., Xu, L., Tallaksen, M., & Alemaw, B. (2015). Observed and simulated changes in the water balance components over Malawi, during 1971-2000. Quaternary International, 369, 7-16.

Todd, D.K., & Mays, L.W. (2004). Groundwater Hydrology. s.l.: John Wiley.
Parsad, Y.S., & Rao, B.V. (2018). Groundwater depletion and groundwater balance studies of Kandivalasa River Sub Basin, Vizianagaram District, Andhra Pradesh, India. Groundwater for Sustainable Development, 6, 71-78.
Abrishamchi, A., Khakbazan Fard, F., & Taghavi, A. (2020). Planning for groundwater sustainable use: A case study in Nishapur Plain, Iran. Agricultural Water Management, 229,1-15.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی