

تأثیر آب برگشتی در برآورد آب تجدیدپذیر مطالعه موردی: استان خراسان رضوی

فاطمه طالبی حسین آباد- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد*
سعدالله ولایتی، استاد گروه جغرافیا - دانشگاه فردوسی مشهد
کامران داوری، دانشیار گروه مهندسی آب - دانشگاه فردوسی مشهد
سید حسین ثنائی نژاد، دانشیار گروه مهندسی آب - دانشگاه فردوسی مشهد
سید علی حسینی، مدیر دفتر مطالعات پایه منابع آب - شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی
*تلفن نویسنده اصلی: ۰۹۳۶۲۹۷۷۴۶، شماره: ۰۵۱۱-۸۷۶۳۶۵۲، پست الکترونیکی: fa.ta40@gmail.com

چکیده

به آن بخش از آب برداشتی که مصرف نشده و دوباره به مخازن آب‌های سطحی و یا زیرزمینی بازمی‌گردد آب برگشتی گویند. در محاسبات مربوط به آب تجدیدپذیر در نظر گرفتن آب برگشتی (شرب، کشاورزی و صنعت) نقش مهمی را ایفا می‌کند. در استان خراسان رضوی سالانه به طور متوسط ۵۰۷۹ میلیون مترمکعب آب تجدیدپذیر وجود دارد. از این مقدار آب حدود ۲۹۱۴ میلیون مترمکعب آن صرف تغذیه آبخانه‌های زیرزمینی استان می‌گردد و ۲۱۶۵ میلیون مترمکعب آن به صورت جریان‌های سطحی در حوضه جاری می‌شود. با توجه به برداشت ۷۵۷۴ میلیون مترمکعب آب از منابع آب زیرزمینی ملاحظه می‌گردد، حدود ۴۶۶۰ میلیون مترمکعب بیش از مقدار حجم آب تجدیدپذیر زیرزمینی برداشت از این منابع انجام می‌شود. این امر با توجه به ضریب بازگشت ۰/۲۸ در نهایت سبب کسری ۱۰۶۸ میلیون مترمکعب در سال در مخازن آب‌های زیرزمینی استان شده است. توجه گردد که بالا بردن راندمان آب در بخش کشاورزی با سرعتی بیش از کاهش برداشت‌ها مضر به حال بیلان منابع آب است؛ یعنی اجرای پروژه‌های افزایش راندمان آبیاری قبل از تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی منجر به تشدید افت آبخوان می‌گردد، زیرا افزایش راندمان باعث کاهش جریان آب برگشتی و افزایش مصرف می‌شود.

کلید واژه‌ها: آب تجدیدپذیر، بیلان منابع آب، آب برگشتی، کسری مخزن، حوضه آبریز، استان خراسان رضوی

۱- مقدمه

آب یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر بشریت است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. خلا بین توان تامین آب و شدت تقاضا، بحران آفرین است. هنگامی که این عدم تعادل با راهکارهای

مدیریتی مهار نگردد، زبان مفاهمه و چانه‌زنی در بخش آب تبدیل به زبان مخاصمه و تعارض خواهد شد. عدم توزیع مناسب بارندگی و عدم تطابق مصارف با زمان نزولات جوی و نیاز شدید به سرمایه‌گذاری در بخش‌های ذخیره، پایش و حفاظت از منابع آب، ابعاد چالش آب را سنگین‌تر و گسترده‌تر می‌نماید [۱].

آب مهمترین و محدودکننده‌ترین عامل اصلی توسعه استان خراسان رضوی محسوب می‌گردد. از طرفی وقوع خشکسالی‌ها و توسعه کشاورزی نامتناسب با وضعیت آبی در منطقه، موجب بهره‌برداری شدید از منابع آب غیرقابل تجدید شده است.

ولایتی در تحقیقی پیرامون بحران آب در خراسان بزرگ، با مقایسه و تحلیل متوسط بارندگی سالانه و هیدروگراف آبخانه دشت‌های خراسان رضوی، به این نتیجه رسید که عامل اصلی بحران آب در کنار خشکسالی‌ها، اضافه برداشت‌های مستمری است که توسط چاه‌های عمیق، از آبخانه دشت‌ها صورت می‌گیرد [۲].

در اتخاذ یک رویکرد توسعه پایدار برای منابع آب یک منطقه، کمی نمودن منابع تجدیدپذیر از اهمیت زیادی برخوردار است. یک گام مهم برای تضمین پایداری و کمی نمودن آب تجدیدپذیر، محاسبه صحیح بیلان آب حوضه می‌باشد. در آبخوان‌هایی که با بهره‌برداری‌های بیش از حد مواجه می‌باشند، داشتن یک تخمین جامع، دقیق و قابل اطمینان از بیلان آب زیرزمینی مهم است. از آنجاییکه برگشت آب نقش عمده‌ای در برقراری معادله بیلان آب زیرزمینی دارد، برآورد آن برای محاسبه آب تجدیدپذیر ضروری می‌باشد.

گنجی و همکارانش (۱۳۸۷) برای محاسبه بیلان آب زیرزمینی از تغییرات سطح آب زیرزمینی در دو دوره خشک و مرطوب سال استفاده کردند [۳].

Rees و همکارانش (۱۹۹۷) منابع آب تجدیدپذیر در اروپا را با استفاده از داده‌های جریان رودخانه و استفاده از روش ناحیه‌ای وزن‌دار، تخمین زدند [۴].

Loukas و همکارانش (۲۰۰۷) منابع آب زیرزمینی تجدیدپذیر را حجم تغذیه آب زیرزمینی طبیعی در نظر گرفته و با فرض ناچیز بودن حرکت آب زیرزمینی در دوره‌های ماهانه و در دسترس بودن کل تغذیه آب زیرزمینی برای زیرحوضه با مدل UTHBAL تخمین زد. آن‌ها منابع آب سطحی قابل استفاده و تجدیدپذیر حوضه را آب موجود در مخازن کوچک و بزرگ و تالاب‌های واقع در آن در نظر گرفتند [۵].

با توجه به اینکه در استان خراسان داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه آب تجدیدپذیر ناقص است، در مطالعه حاضر برای انتخاب بهترین مقادیر عوامل بیلان آبی در زیرحوضه‌های استان از روش سعی و خطا، با هدف حداقل نمودن عدم تراز آب (به سمت صفر)، استفاده شده است. سپس به بررسی مفهوم آب تجدیدپذیر و محاسبه آن پرداخته شده است.

۲- مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال شرقی کشور واقع بوده و طبق آمار بدست آمده از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی دارای وسعتی معادل ۱۱۷۰۵۸ کیلومتر مربع می‌باشد. وسعت مناطق کوهستانی استان حدود ۵۶۷۲۳/۰۶ کیلومتر مربع و وسعت دشت‌های آن حدود ۶۰۲۵۱/۱۸ کیلومتر مربع است. بلندترین نقطه استان قله بینالود در رشته کوه بینالود، به ارتفاع

۳۶۱۵ متر و پست‌ترین نقطه استان در دشت سرخس با ارتفاع ۲۹۹ متر از سطح دریا واقع شده است. حوضه‌های آبریز اصلی استان براساس تقسیمات وزارت نیرو هرکدام دارای زیرحوضه‌هایی می‌باشند، به طوری که حوضه آبریز اترک دارای یک زیر حوضه و حوضه‌های نمک‌زار خواف، قره‌قوم و کویر مرکزی به ترتیب شامل ۳، ۱۳ و ۲۰ زیرحوضه هستند.

مفاهیم پایه

• توازن هیدرولوژیکی

معادله بیلان منابع آب در حوضه به صورت زیر می‌باشد:

$$P - ET + R_i - R_o + G_i - G_o - C_g - C_r = \Delta S \quad (1)$$

در این رابطه، P حجم باران، ET تبخیر-تعرق، R_i و R_o به ترتیب رواناب‌های ورودی و خروجی، G_i و G_o به ترتیب جریان‌های زیرزمینی ورودی و خروجی و C_r و C_g به ترتیب مصرف آب‌های زیرزمینی و سطحی و ΔS معرف تغییرات ذخیره آب در حوضه می‌باشد. با توجه به معادله بالا، بیلان منابع آب زیرزمینی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$I + I_r + G_i - U_g - G_o = \Delta V \quad (2)$$

$$I = P - ET - R \quad (3)$$

در این روابط، I و R به ترتیب معرف حجم آب نفوذ یافته و رواناب سطحی ناشی از باران، U_g برداشت از منابع آب زیرزمینی و I_r معرف آب برگشتی و ΔV تغییرات حجم آبخوان می‌باشد.

• آب تجدیدپذیر

منبع اصلی تأمین آب در خشکی‌ها بارش می‌باشد. منابع آب یک حوضه به دو بخش آب تجدیدپذیر و آب غیرقابل تجدید تقسیم می‌شوند. منابع آب غیرقابل تجدید (Non-renewable water) قسمت‌هایی از آب زیرزمینی است که سرعت تغذیه در آن (در مقیاس زمانی انسانی) ناچیز می‌باشد. آب تجدیدپذیر (renewable water) نیز مقدار آبی است که حوضه طی چرخه آبی سالیانه توانایی بازیابی آن را دارد. در تحقیق حاضر، برای مقیاس حوضه‌ای تفاوت «ورودی از» و «خروجی به» حوضه‌های مجاور در محاسبات آب تجدیدپذیر منظور می‌شود. در واقع بخشی از آب تجدیدپذیر که قابل استحصال و برنامه‌ریزی نبوده، در خروجی ظاهر می‌شود. البته چنانچه سهم خاصی به عنوان رهاسازی برای پایین دست بایستی تأمین و تحویل گردد (که در وضعیت موجود برآورده نمی‌گردد)، بایستی در محاسبات مقدار واقعی آب تجدیدپذیر (قابل بهره‌برداری) لحاظ گردند.

$$RW = (R + I) + (R_i + G_i) - (R_o + G_o) \quad (4)$$

که در آن RW آب تجدیدپذیر است.

• برداشت در مقابل مصرف

در یک سیستم منابع آب، برداشت عبارت است از هرگونه جابجایی آب از محل وقوع طبیعی آن برای استفاده در فعالیت‌های بشر، در حالیکه آب تبخیر/تعرق/تبخیر شده و یا مصادره شده در کالاهای تولیدی (آب مجازی)، و آبی که طی

فرایند تولید آلوده شده (و بایستی برای حفظ پایداری سیستم منابع آب از حوضه خارج شود) مصرف (Consumption) نامیده می‌شود. بنابراین بین برداشت و مصارف در یک حوضه آبریز تفاوت است.

$$C = (U_r + U_g) - I_r \quad (5)$$

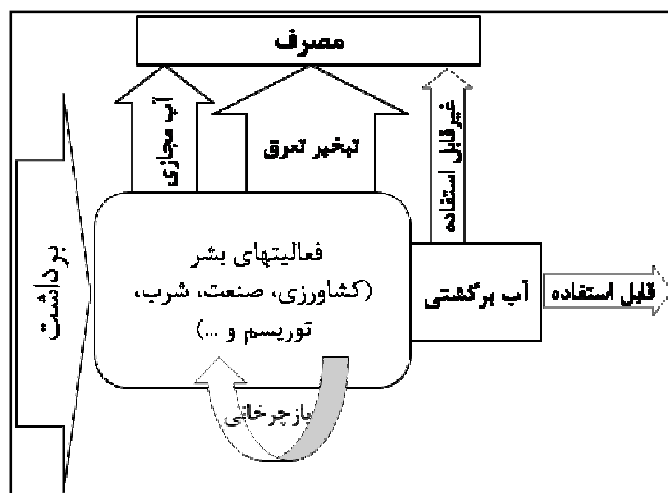
که در آن U_g برداشت از منابع آب زیرزمینی، U_r برداشت از منابع آب سطحی و C مصرف می‌باشد.

• آب برگشتی

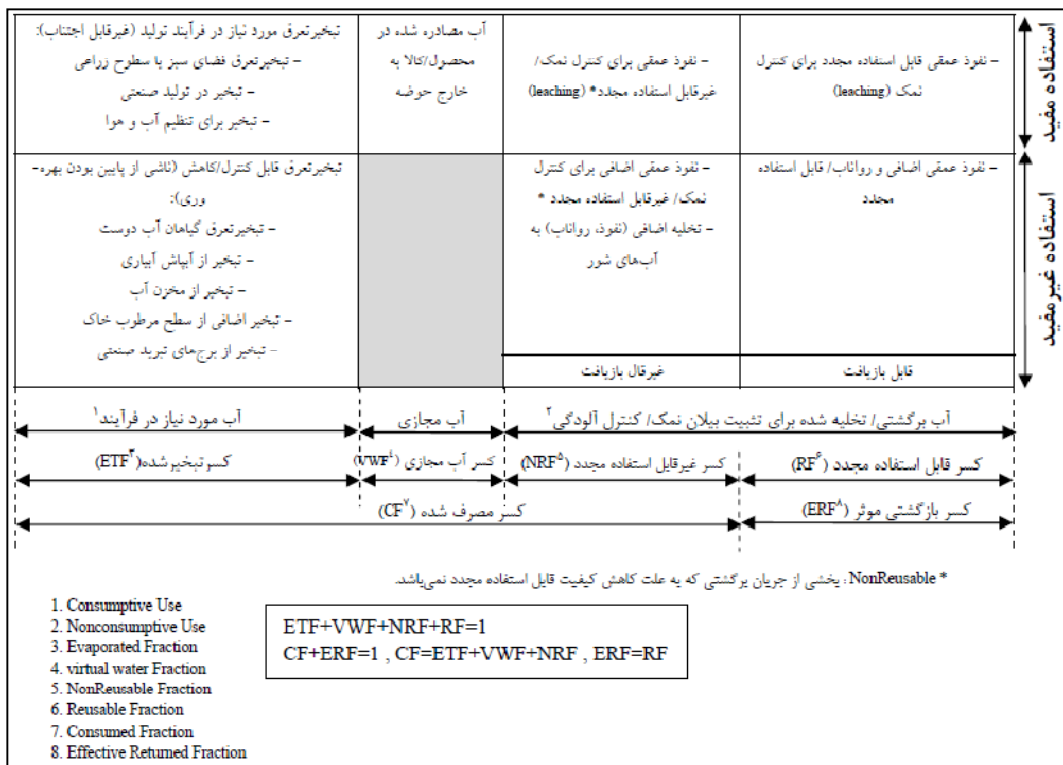
به آن بخش از آب برداشتی که مصرف نشده و دوباره به مخازن آب‌های سطحی و یا زیرزمینی بازمی‌گردد آب برگشتی گویند. در محاسبات مربوط به آب تجدیدپذیر در نظر گرفتن آب برگشتی (شرب، کشاورزی و صنعت) نقش مهمی را ایفا می‌کند. آنچه در محاسبات معمول انجام می‌شود بدون احتساب آب برگشتی می‌باشد یعنی سهم آب‌های زیرزمینی از منابع آب تجدیدشونده (RW_g) از اختلاف مقدار برداشت و تغییرات حجم مخزن به دست آمده است در صورتی که حجم بسیار زیادی از برداشت‌ها دوباره به سیستم منابع آبی بازمی‌گردند. در نتیجه:

$$RW_g = U_g + \Delta V - I_r \quad (6)$$

در شکل‌های (۱) و (۲) مفاهیم برداشت، مصرف و آب برگشتی در سیستم منابع آب را نشان داده شده است. براساس شکل (۲) تمام آب برداشتی در یک فعالیت (شهری، صنعتی و یا کشاورزی) مورد استفاده در فرآیند تولید قرار نمی‌گیرد. به عنوان مثال در صورتی که از ۱۰۰ واحد آب برداشتی در یک فعالیت کشاورزی با آبیاری غرقابی حدود ۴۰ واحد برای تولید محصول تیخیر شود و به علت پایین بودن راندمان ۲۰ واحد آن از سطح خاک تیخیر شود. اگر فرض شود تمام محصول تولیدی در داخل سیستم مصرف شود، آب مجازی برابر با صفر واحد خواهد بود. در صورتی که شوری در زیر منطقه ریشه و در خروجی حوضه به ترتیب ۴ و ۱۶ میکروموس بر سانتی‌متر باشد، ۴۰ واحد آب برای کنترل نمک نیاز است که ۳۰ واحد آن قابل استفاده مجدد و ۱۰ واحد دیگر در خروجی حوضه غیرقابل استفاده مجدد خواهد بود. با این حساب در مثال ذکر شده کسر مصرف شده (CF) معادل ۰/۷ و کسر بازگشتی موثر (ERF) معادل ۰/۳ خواهد بود.



شکل (۱): مفاهیم برداشت، مصرف و آب برگشتی در سیستم منابع آب



شکل (۲): تقسیم‌بندی مصارف در دو بخش مفید و غیر مفید و ازدست رفته و ازدست نرفته [۶]

• نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر (C/RW)

آقای Asano نسبت مصرف به آب تجدیدشونده به عنوان شاخصی برای پایداری منابع آب معرفی می‌کند [۷]. مقادیر بحرانی نسبت مصرف (C) به آب تجدیدپذیر (RW) در جدول (۱) ارائه شده است.

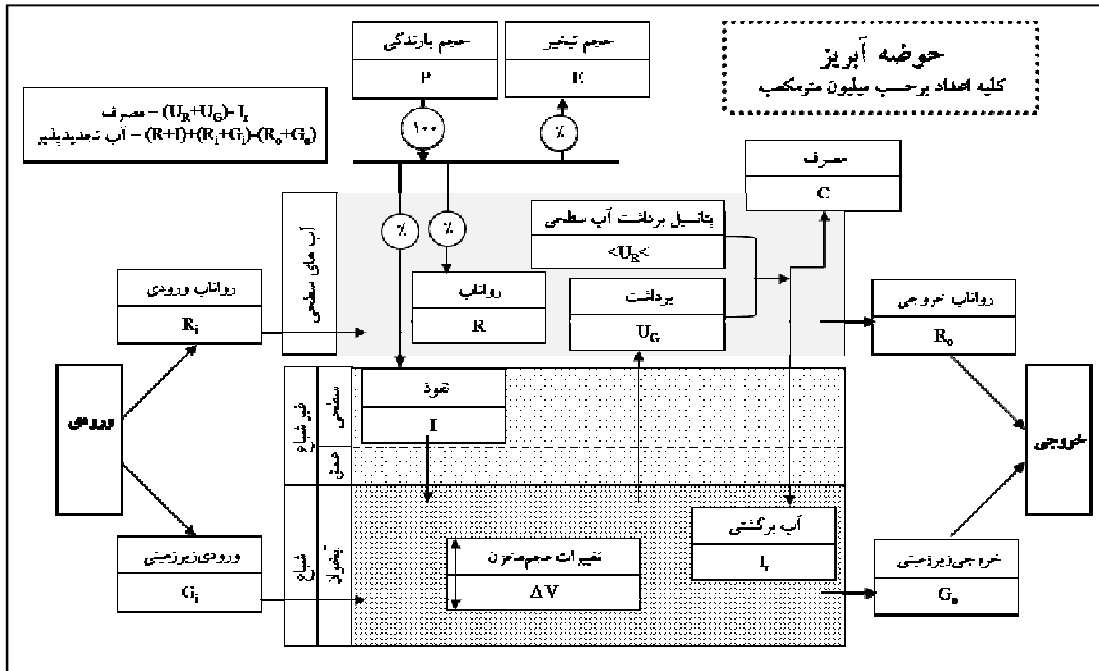
جدول (۱): نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر

نسبت آب مصرفی به آب تجدید شونده (C/RW)	
کمتر از ۰/۴	خوب
۰/۴ - ۰/۷	بحرانی
۰/۷ - ۱	بحرانی شدید
بیشتر از ۱	عدم تعادل بیلان

روش محاسبه آب تجدیدپذیر

برای محاسبه بیلان یک چارچوب برای سیستم منابع آب به شرح نمایش داده شده در شکل (۳) تنظیم گردید؛ که در آن عوامل موثر در بیلان منابع آب به صورت شماتیک ارائه شده است.

در هر یک از محدوده‌های مطالعاتی آمار و اطلاعات مربوط به حجم نزولات جوی سالانه در هر زیر حوضه، برداشت از آب‌های زیرزمینی، کسری مخازن و برداشت از آب‌های سطحی توسط سدها از شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی دریافت شد [۸].



شکل (۳): عوامل موثر در بیلان منابع آب

- با توجه به کمبود اطلاعات و داده، جهت تخمین مقادیر اجزاء بیلان نیاز به بکاربردن ابتکار عمل بود. از طرفی بایستی این ابتکار عمل بگونه‌ای محدود می‌شد تا بهینه‌ترین نتیجه با توجه به واقعیات فیزیکی و داده‌های موجود بدست آید. بدین جهت قیود و فرض‌هایی در فرآیند تخمین مقادیر اجزاء بیلان در نظر گرفته شد و در کنار آن از نظر خبرگان امر (کارشناسان و اساتید محترم که با منابع و شرایط منطقه آشنایی کامل دارند) نیز بهره گرفته شد.

تخمین مقادیر اجزاء بیلان در زیرحوضه‌ها به قیود و فرضیات زیر محدود گردیده است:

✓ مساحت حوضه، مساحت دشت (A)، میانگین نزولات جوی (P) و تبخیر (ET) در حوضه با توجه به اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی از محیط GIS استخراج گردیده است.

✓ جهت تراز نمودن بیلان و با توجه به اینکه مجموع ضرایب رواناب، تبخیر و نفوذ برابر با ۱ است، هر کدام از این ضرایب به مقادیر ذیل محدود گردیده است:

- براساس لایه دریافتی درصد تبخیر در محدوده ۸۵-۷۰ درصد در نظر گرفته شده است.

- فرض شده است که درصد نفوذ بیش از ۲۰ درصد نباشد.

- درصد رواناب بین ۲۰-۵ درصد محدود شده و با توجه به وسعت محدوده، نسبت کوه به دشت، متوسط ارتفاع و

تغییرات ارتفاع نسبت به وسعت محدوده و درصد پوشش گیاهی تعیین شده است.

✓ در حوضه‌هایی که ایستگاه هیدرومتری در خروجی و یا ورودی آب سطحی آن وجود دارد، با توجه به متوسط رواناب در آن ایستگاه، ورودی یا خروجی آب سطحی محاسبه شده است. در سایر حوضه‌ها مقدار رواناب ورودی یا خروجی به کمک ضرایب رواناب تخمین زده شده است.

✓ حداقل میزان برداشت از آب سطحی در صورت وجود سد، آب تنظیمی سدهای موجود در زیرحوضه در نظر گرفته شده است. در طرف مقابل، حداکثر پتانسیل برداشت از آب‌های سطحی با کسر خروجی آب سطحی از مجموع رواناب و ورودی آب سطحی به زیرحوضه به دست آمده است.

✓ برای برداشت‌های از آب زیرزمینی، با توجه به راندمان کاربرد آب در مزارع بین ۲۰ تا ۳۰ درصد از برداشت کشاورزی، و با توجه به الگوی مصرف شهری حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد از برداشت شهری (با توجه به سیستم فاضلاب در حال کاهش است) به عنوان آب برگشتی به سیستم منابع آب احتساب شده است. فرض شده است تمام برداشت سطحی دارای برگشتی معادل ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد.

✓ ورودی و خروجی از آب زیرزمینی نیز با توجه میزان کسری مخزن و سایر عوامل بیلان و در نظر گرفتن ارتباط بین دشت‌ها و سطح آب زیرزمینی در آن‌ها تخمین زده شده است.

در این پژوهش با در نظر گرفتن موقعیت هر زیرحوضه نسبت به زیرحوضه‌های بالادست و پایین دست و اطلاعات موجود رواناب ورودی (R_i) و خروجی (R_o) اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری، سایر پارامترهای بیلان از قبیل تبخیر (ET)، نفوذ (I) و رواناب (R) و همچنین "ورودی به" (G_i) و "خروجی از" (G_o) آبخوان، با انتخاب بهترین مقادیر و با هدف حداقل نمودن عدم تراز آب (به سمت صفر)، به روش سعی و خطا تخمین زده شد. در مرحله نهایی با تلفیق محدوده‌های مطالعاتی بالادست و پایین دست، عوامل بیلان آبی در حوضه کشف‌رود به دست آمده است.

– جهت انجام فرایند سعی و خطا یک رده‌بندی برای صحت داده‌ها و عوامل موثر در بیلان به شرح ذیل در نظر گرفته شد:
الف: داده‌ها و عوامل زیر به عنوان داده مسجل قبول گردید و در عملیات سعی و خطا ثابت فرض شدند.

۱- داده‌های پیرومترها (آب‌نمود واحد دشت)

۲- میانگین نزولات جوی، برداشت از منابع آب زیرزمینی و کسری مخازن

۳- برداشت از آب‌های سطحی توسط سدها، رواناب ورودی و خروجی در صورت وجود ایستگاه هیدرومتری

ب: برای تبخیر مقدار اولیه‌ای از لایه موجود به دست آمده و تا حد امکان این مقدار نیز تغییر نیافته است.

ج: با توجه به اینکه برای سایر عوامل موثر در بیلان هیچگونه داده‌ای موجود نبود، در این مطالعه، عملیات سعی و خطا، با در نظر گرفتن قیود و فرضیات ذکر شده و با تغییر این عوامل، با اولویت‌بندی زیر انجام شده است. البته این عوامل در اولویت سعی و خطا برای تراز نمودن بیلان دارای رتبه تقریباً یکسانی بودند.

۱- رواناب و نفوذ

۲- برداشت از آب‌های سطحی

۳- آب برگشتی

۴- ورودی و خروجی از آب زیرزمینی

– پس از برقراری بیلان آبی هریک از زیرحوضه‌ها سهم هر کدام از آب‌های سطحی و زیرزمینی از منابع آب تجدیدپذیر واقعی با توجه به روابط ذیل محاسبه گردیده است:

سهم روان‌آب‌های سطحی از منابع تجدیدپذیر (RW_r):

$$RW_r = R + R_i - R_o \quad (7)$$

سهم آب‌های زیرزمینی از منابع تجدیدپذیر (RW_g):

$$RW_g = I + G_i - G_o \quad (۸)$$

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در جدول (۲) مقادیر آب تجدیدپذیر واقعی زیرحوضه‌های استان خراسان رضوی (آب تجدیدپذیر سطحی و زیرزمینی) و همچنین مصارف آب ارائه شده است.

جدول (۲): مقادیر آب تجدیدپذیر واقعی و مصرف در زیرحوضه‌های استان خراسان رضوی

نام زیر حوضه	کل آب تجدیدپذیر (MCM)	برداشت از منابع آب (سطحی و زیرزمینی) (MCM)	آب برگشتی (MCM)	مصرف (MCM)	C/RW	کسری معزن (MCM)
ینگجه	۷۱/۷	۹۹/۷۸	۲۶/۱۱	۷۳/۶۷	۱/۰۳	-۱/۹۷
جوین - سلطان آباد	۳۲۱/۲۵	۸۵۸/۴۸	۲۶۳/۴۸	۵۹۵	۱/۸۵	-۱۶۳/۲۲
رخ	۱۷۸/۱۳	۳۳۸/۳۵	۱۴۰/۱۱	۲۳۴/۲۴	۱/۳۱	-۴۶/۲۵
نیشابور	۴۷۲/۳۳	۱۲۸۱/۷۲	۳۹۹/۵۱	۸۸۲/۲۱	۱/۸۷	-۱۴۶/۶۶
سنگرد-قلعه میدان	۵۶/۷۲	۸۱/۰۳	۲۰/۵۷	۶۰/۴۶	۱/۰۷	-۳/۷۴
عطائیه	۱۲۹/۲۶	۱۹۶/۰۶	۴۸/۹۷	۱۴۷/۰۸	۱/۱۴	-۱۷/۸۲
سبزوار	۳۱۵/۴۲	۵۱۳/۹۱	۱۶۳/۹۳	۳۴۹/۹۸	۱/۱۱	-۳۴/۵۶
داورزن	۱۱۱/۹	۱۵۹/۸۸	۴۱/۴۸	۱۱۸/۴۱	۱/۰۶	-۶/۵
زاوه- تربت حیدریه	۱۷۰/۳۷	۳۴۹/۶۳	۹۵/۶۵	۲۵۳/۹۷	۱/۴۹	-۳۴/۶۶
رشتخوار	۱۱۰/۳	۲۲۲/۹۵	۵۹/۰۸	۱۶۳/۸۷	۱/۴۹	-۳۰/۲۳
جنگل	۶۸/۳۶	۱۶۴/۷۹	۴۱/۲	۱۲۳/۶	۱/۸۱	-۱۹/۷
گناباد	۴۸/۳۳	۷۰/۹۷	۱۸/۷۹	۵۲/۱۸	۱/۰۸	-۳/۸۵
ازغند	۹۹/۴۲	۱۷۱/۵۹	۴۴/۴۲	۱۲۷/۱۸	۱/۲۸	-۵/۶۴
محولات - فیض آباد	۶۱/۲	۱۸۱/۶۹	۳۷/۴۳	۱۴۴/۲۶	۲/۳۶	-۸۳/۰۷
عمرانی - بی مرغ	۵۶/۷۹	۸۳/۲۲	۱۷/۶۲	۶۵/۶	۱/۱۶	-۸/۸۱
بجستان - یونسی	۹۱/۳۹	۱۳۳/۸۸	۲۷/۲۱	۱۰۶/۶۷	۱/۱۷	-۱۵/۲۸
بردسکن	۱۰۶/۱	۲۵۰/۹۲	۶۶/۲	۱۸۴/۷۲	۱/۷۴	-۳۷/۳۹
درونه	۹۱/۸	۱۴۳/۷۱	۳۷/۹۵	۱۰۵/۷۶	۱/۱۵	-۱۳/۹۶
ریوش	۲۲/۸۹	۳۹/۰۹	۱۱/۵۵	۲۷/۵۴	۱/۲	-۱/۶
کاشمر	۵۷/۱۸	۲۳۴/۲۴	۷۵/۸۲	۱۵۸/۴۲	۲/۷۷	-۳۹/۳۷
کویر مرکزی	۲۵۸۹/۵۲	۵۵۷۵/۸۸	۱۶۰/۱۰۷	۳۹۷۴/۸۱	۱/۵۱	-۷۱۴/۲۸

ادامه جدول (۲): مقادیر آب تجدیدپذیر واقعی و مصرف در زیرحوضه‌های استان خراسان رضوی

نام زیر حوضه	کل آب تجدیدپذیر (MCM)	برداشت از منابع آب (سطحی و زیرزمینی) (MCM)	آب برگشتی (MCM)	مصرف (MCM)	C/RW	کسری مخزن (MCM)
سنگ بست	۶۶/۶۶	۹۰/۴۵	۲۳/۳۹	۶۷/۰۶	۱/۰۱	-۰/۴
مشهد	۶۹۲/۵۳	۱۲۵۶/۲۷	۴۶۰/۹۶	۷۹۵/۳۱	۱/۱۵	-۱۰۲/۷۸
نریمانی	۱۲۷/۰۱	۱۷۶/۳۸	۳۵/۸۴	۱۴۰/۵۴	۱/۱۱	-۱۳/۵۳
آق دربند	۷۵/۷۶	۸۴/۲۹	۸/۵۳	۷۵/۷۶	۱	۰
صالح آباد-جنت آباد	۷۸/۸۲	۱۰۷/۸۷	۲۷/۵۷	۸۰/۳	۱/۰۲	-۱/۴۸
فریمان-تربت جام	۳۷۸/۹۲	۸۴۰/۵۲	۲۶۲/۴۸	۵۷۸/۰۳	۱/۵۳	-۱۲۶/۴۲
شهرنو-باخرز	۵۷/۳۳	۷۹/۳۸	۲۰/۹۵	۵۸/۴۴	۱/۰۲	-۱/۱
کرات	۵۲/۳۳	۱۰۹/۳۶	۳۲/۹۴	۷۶/۴۳	۱/۴۶	-۲۴/۱
تایباد	۱۳۹/۶۵	۲۱۵/۶۲	۵۷/۵۳	۱۵۸/۰۹	۱/۱۳	-۱۸/۴۴
سرخس	۱۳۴/۶۳	۳۳۷/۴۶	۸۵/۷۱	۲۵۱/۷۵	۱/۸۷	-۱۰/۸۴
گنبدلی	۹/۳۳	۱۱/۰۶	۱/۷۳	۹/۳۳	۱	۰
درگز	۲۲۳/۶۳	۲۷۱/۳۱	۴۳/۶۹	۲۲۷/۶۲	۱/۰۲	-۳/۹۹
کلات نادری	۲۱۳/۱۳	۲۵۱/۴۱	۳۸/۲۷	۲۱۳/۱۳	۱	۰
قره قوم	۲۲۵۱/۷۳	۳۸۳۱/۳۷	۱۰۹۹/۵۹	۲۷۳۱/۷۸	۱/۲۱	-۳۰۳/۰۸
گیسور	۵۸/۳۷	۸۰/۰۶	۱۶/۵۷	۶۳/۴۹	۱/۰۸	-۵/۱۲
زوزن	۳۷/۵۳	۵۶/۶۷	۱۱/۹۴	۴۴/۷۳	۱/۱۵	-۷/۲
خواف	۱۰۵/۰۴	۱۹۴/۹۳	۵۰/۷۹	۱۴۴/۱۴	۱/۳۲	-۳۹/۰۹
نمکزار خواف	۱۹۷/۹۴	۳۳۱/۶۶	۷۹/۳	۲۵۲/۳۶	۱/۲۲	-۵۱/۴۱

با توجه به ارقام جدول (۲) جمع آب تجدیدپذیر حوضه‌های قره قوم، کویر مرکزی و نمکزارخواف به ترتیب معادل ۲۲۵۲، ۲۳۷ و ۲۵۹۰ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود. می‌توان گفت مجموعاً در استان خراسان رضوی سالانه به طور متوسط ۵۰۷۹ میلیون مترمکعب آب تجدیدپذیر وجود دارد. در حقیقت این حجم آب را می‌توان به عنوان میانگین دراز مدت و سرمایه اصلی استان محسوب نمود. از این مقدار آب حدود ۲۹۱۴ میلیون مترمکعب آن صرف تغذیه آبخانه‌های زیرزمینی استان می‌گردد و ۲۱۶۵ میلیون مترمکعب آن به صورت جریان‌های سطحی در حوضه جاری می‌شود. با توجه به برداشت ۷۵۷۴ میلیون مترمکعب آب از منابع آب زیرزمینی ملاحظه می‌گردد، حدود ۴۶۶۰ میلیون مترمکعب بیش از مقدار حجم آب تجدیدپذیر زیرزمینی برداشت از این منابع انجام می‌شود. این امر با توجه به ضریب بازگشت ۰/۲۸ (از مجموع برداشت‌های منابع سطحی و زیرزمینی) در نهایت سبب کسری ۱۰۶۸ میلیون مترمکعب در سال در مخازن آب‌های زیرزمینی استان شده است. همچنین براساس شاخص C/RW مصرف در تمام زیرحوضه‌ها به جز سه زیرحوضه گنبدلی، آق‌دربند، کلات بیش از مقدار آب تجدیدشونده است، این زیرحوضه‌ها در شرایط عدم تعادل بیلان منابع می‌باشند و از نظر منابع آبی

پایدار نیستند. به خصوص زیرحوضه‌های کاشمر، محولات - فیض آباد، سرخس، نیشابور، جوین و جنگل از نظر منابع آبی به شدت ناپایدارند.

مشکل بیلان منفی راه حلی به جز کاهش برداشت‌ها ندارد. افزایش بهره‌وری/راندمان مشکل بیلان منفی را حل نمی‌کند؛ مگر آنکه همراه با کاهش برداشت باشد. توجه گردد که بالابردن راندمان آب در بخش کشاورزی با سرعتی بیش از کاهش برداشت‌ها مضر به حال بیلان منابع آب است؛ یعنی اجرای پروژه‌های افزایش راندمان آبیاری قبل از تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی منجر به تشدید افت آبخوان می‌گردد، زیرا افزایش راندمان باعث کاهش جریان آب بازگشتی و افزایش مصرف می‌شود.

مهمترین راهبرد، حفظ پایداری منابع آب حوضه (یعنی برقراری تعادل بین مصارف و آب تجدیدپذیر) می‌باشد که نتیجه این راهبرد کاهش شدید برداشت‌ها خواهد بود. به عبارتی از الزامات توسعه منطقه در مرحله اول ایجاد تعادل در بین مقدار مصرف و میزان آب تجدید شونده می‌باشد و در مراحل بعدی بحث استفاده بهینه از منابع آب مطرح می‌باشد. برای اصلاح بیلان سفره‌ها و دستیابی به پایداری دشت‌ها در یک نگاه واقع‌گرایانه، می‌توان برنامه‌های معین برای انتقال مرحله‌ای از وضع موجود به وضع مطلوب طراحی نمود. تاکید می‌گردد، دوره پیاده‌سازی این برنامه‌ها می‌تواند تا حدود سی سال به طول انجامد. بنابراین ضروری است تا از همین امروز نسبت به تدوین و اجرای آن‌ها اقدام جدی صورت پذیرد.

با توجه به محاسبات و نتایج مورد بحث واقع شده موارد زیر قابل توجه است:

- ۱- توصیه می‌گردد تا برای دشت‌های کاشمر، سنگرد، محولات - فیض آباد، گناباد، نیشابور، سرخس، جوین، فریمان- تربت‌جام و جنگل و مشهد، سریعاً مطالعات لازم برای برآورد دقیق آب تجدیدپذیر زیرزمینی به عمل آید و بررسی گردد که تحت شرایط برداشت موجود تخلیه کامل آبخانه چه مدت طول خواهد کشید.
- ۲- با توجه به اینکه بیش از ۵۰٪ برداشت از منابع آب زیرزمینی به ترتیب تنها در ۶ دشت نیشابور، مشهد، جوین، فریمان-تربت‌جام سبزوار، و زاوه- تربت حیدریه استخراج می‌شود و ۵۰٪ دیگر از ۳۰ دشت دیگر. در این صورت روشن است که در برنامه‌ریزی منابع آب تمرکز بر مدیریت بهره‌برداری از این ۶ دشت الزامی است.
- ۳- مطالعاتی جامع برای برآورد میزان برگشت از برداشت‌ها در زیرحوضه‌های مختلف انجام گیرد.
- ۴- برداشت از منابع آب سطحی اندازه‌گیری شده و نوع این مصارف مشخص گردد.

۴- مراجع

- [۱] سامانی، ج. (۱۳۸۰). مدیریت منابع آب و توسعه پایدار، دفتر مطالعات زیر بنایی، جلد ۲۲.
- [۲] ولایتی س. (۱۳۸۷). بررسی بحران آب استان خراسان (شمالی، رضوی، جنوبی).
- [۳] گنجی خرم دل ن.، محمدی ک. و منعم م. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی شبکه‌ای مشاهده‌ای برای تخمین بیلان با روش نوسان دوگانه سطح آب زیرزمینی

[4] REES H. G., CROKER K. M., REYNARD N. S. & GUSTARD A. (1997). Estimation of renewable water resources in the European Union. Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management



- [5] A. Loukas & N. Mylopoulos & L. Vasiliades (2007). A Modeling System for the Evaluation of Water Resources Management Strategies in Thessaly, Greece. *Water Resour Manage* (2007) 21:1673–1702
- [6] Richard G. Allen, Albert J. Clemmens and Lyman S. Willardson, *Agro-Hydrology and Irrigation Efficiency*
- [7] Asano, T. Burton, F. Leverenz, H. Tsuchihashi, R. Tchobanoglous, G (eds.). (2006). *Water reuse: issues, technologies, and applications*. 1st ed. page21
- [۸] بی نام. (۱۳۸۸). <http://khrw.ir/Default.aspx?alias=www.khrw.ir/motaleat>. سایت شرکت سهامی آب منطقه‌ای

خراسان رضوی