سال اول، شماره ۱، اسفند ۱۳۹۲، صفحات ۷۳ تا ۷۹
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.1, Pages 73 to 79
Journal of Water and Sustainable Development

ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه

مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌قوم

مهری شاهدی[1*]، فاطمه طالبی حسین آباد[1]

۱- کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، پژوهشگر کارگروه آب و پایداری، جهاد دانشگاهی مشهد.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: me.sh40@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۵

چکیده

آب در توسعه استان خراسان رضوی، مهمترین و در عین حال محدودکننده‌ترین عامل محسوب می‌شود. از یک طرف کاهش شدید منابع آب ناشی از بهره‌برداری‌های غیر مجاز و بی‌رویه، و از طرف دیگر رشد شدید تقاضا در بخش‌های مختلف مصرف، نقش این ماده حیاتی را در زمینه توسعه برجسته‌تر نموده است. در این مطالعه تعدادی شاخص مبتنی بر آب تجدیدپذیر برای بررسی تعادل کمی منابع آب حوضه آبریز قره‌قوم بکار رفته است. بر این اساس نسبت مصرف به آب تجدیدپذیر در حوضه آبریز معادل ۱/۲۴ برآورد شد؛ که با توجه به استاندارد، نشانه عدم تعادل در بیلان است. سرانه آب تجدیدپذیر (شاخص فالکن مارک) نیز در حوضه آبریز معادل (نفر/m3)۵۶۲ بدست آمده است که نشان دهنده ناکافی بودن آب مورد نیاز برای پشتیبانی توسعه پایدار می‌باشد. متوسط نیاز آبی خالص الگوی کشت موجود در این حوضه حدود ۸۸۵۲ متر مکعب در هکتار است، در حالی که مقدار آب تجدیدپذیر به ازای هر هکتار از اراضی فاریاب حوضه آبریز قره‌قوم فقط ۶۵۵۱ متر مکعب می‌باشد. در نتیجه به شرط تخصیص تمامی آب تجدیدپذیر برای آبیاری، حداکثر ۷۴ درصد اراضی فاریاب فعلی آب مورد نیاز برای آبیاری را در اختیار خواهند داشت. در مجموع توسعه فعلی حوضه آبریز قره‌قوم منجر به عدم تعادل منابع آب حوضه گشته و ناپایدار خواهد بود. وقوع خشکسالی طولانی مدت در این شرایط می‌تواند برای ادامه حیات ساکنین منطقه بسیار مخاطره‌آمیز باشد. پایداری توسعه در ارتباط با منابع آب منوط به بازیابی تعادل و سپس مصرف بهینه آب در تمام بخش‌های مصرف، به ویژه در بخش کشاورزی، خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آب تجدیدپذیر، پایداری منابع آب، شاخص‌های منابع آب، نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر.

Introducing some indices to evaluate the balance of water resources and sustainable development

Case study: Qareh-Qum basin in Iran

M. Shahedi [1*], F. Talebi Hossein Abad [1]

1- MSc Agricultural Meteorology, Water and Sustainability Research Committee - Academic Center for Education, Culture and research (ACECR), Mashad, Iran.

* (Corresponding author Email: me.sh40@gmail.com)

Received: 9-11-2013

Accepted: 16-12-2013

Abstract

Water is the limiting and important factor in development of Khorassan-Razavi Province. On one hand sever depletion of water resources due to illegal abstractions as well as over-exploitation; and on the other hand, drastic increase in water demand for different consuming sectors, has highlighted the significant role of water resources in development process. This study has employed few quantitative indices based on renewable water to analyze present Water Resources Sustainability State in Qareh-Qum (Iranian) Basin. The ratio of the consumed water to basin's renewable water was 1.24; this number with regards to standards reveals the instability of water-budget. In addition, Falkenmark index, ratio of renewable water to population for this basin, was 562 m^3/capita, which shows insufficiency of the basin's water resources in supporting sustainable development. Average irrigation water requirements for present cropping pattern is 8852 m^3/ha. While renewable water share for each hectare of the basin's irrigated land is only 6551 m^3. Assuming all renewable water were dedicated to irrigate crops, then only about 74% of the existing irrigated land could have enough water available. In conclusion, the existing state of basin's water resources evaluates unsustainable and, occurrence of a long-term drought at present situation can endanger the life in the basin. Sustainability in relation to water resources will be subject to balance recovery and optimal use of water in all sectors, especially agriculture.

Keywords: Renewable water, Water resources sustainability, Water resources indices, Ratio of the consumed water to renewable water.

مقدمه

منابع آب شیرین جزو منابع آب تجدیدشونده محسوب می‌شوند و فرآیند تجدیدپذیری آن به تبعیت از چرخه آب در طبیعت می‌باشد. مقدار آب تجدیدشونده‌ای که سطح کره زمین هم اکنون و به طور سالانه دریافت می‌نماید معادل همان آبی است که شاید هزاران سال پیش و از بدو بروز تمدن‌های بشری دریافت می‌نموده است. به عبارت دیگر مقدار آب تجدیدشونده در هر حوضه آبریز، صرف نظر از تغییرات بین سالی، معین و ثابت است. این درحالی است که توزیع زمانی و مکانی مقدار آب تجدیدشونده کاملاً متغیر بوده و متناسب با توزیع جمعیت و نیازهای آبی جوامع بشری نمی‌باشد. از سوی دیگر برداشت و مصرف از این منابع آب محدود و تقریباً ثابت به علت رشد جمعیت، پیوسته در حال افزایش می‌باشد. نتایج همه آنالیزهای مربوط به کمیابی آب در جهان نشان می‌دهد که بخش وسیعی از جمعیت جهان تحت تأثیر کم آبی در چند دهه آینده قرار خواهند گرفت (Rijsberman و همکاران، ۲۰۰۶). اگرچه افزایش جمعیت ملازم با مصرف بیشتر آب است، اما این بدین مفهوم نیست که رابطه تغییرات جمعیت و مصارف آب به طور خطی باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هرچه به سال‌ها و دهه‌های اخیر نزدیک می‌شویم، مقدار سرانه مصرف آب به شدت افزایش یافته است. دلیل این امر افزایش سطح رفاه و به تبع آن تنوع نیازهای آبی می‌باشد (سامانی و همکاران، ۱۳۸۱).

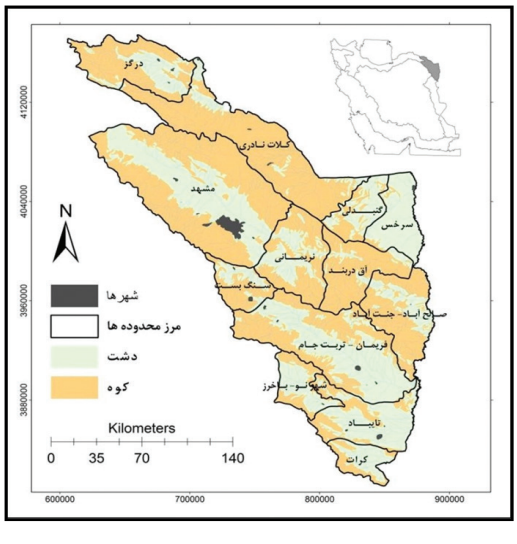
در ایران به دلیل رشد جمعیت، رشد بخش کشاورزی و گسترش شهرنشینی، برداشت از منابع آب زیرزمینی در اغلب مناطق از حد مجاز فراتر رفته است. هزینه‌های نهایی تأمین آب اضافی و آلودگی منابع آب، شتابی فزاینده پیدا کرده است. لذا حرکت برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب در شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت و نیازهای در حال تحول مناطق مختلف کشور، صرفاً با اتکا به مدیریت عرضه و تکیه بر احداث تأسیسات جدید و جنبه‌های سخت‌افزاری نمی‌تواند مشکلات را تخفیف داده و یا از عهده آن‌ها برآید (گزارش عملکرد وزارت نیرو، ۱۳۸۵). از طرفی بخش کشاورزی نه تنها در اراضی دیم، بلکه حتی در اراضی آبی و شبکه‌های مدرن که آب کافی دریافت می‌دارند، عملکرد قابل قبولی در مقایسه با سایر کشورهای پیشرو ندارد. این در حالی است که بقای کشاورزی ایران به شدت به آب آبیاری وابسته بوده و چنانچه بحران و کمبود منابع آب در آینده و تأثیر آن بر توسعه کشاورزی کشور را در نظر بگیریم، قطعاً با روند کنونی مدیریت منابع آب، بخش کشاورزی با آسیب‌های زیادی مواجه خواهد شد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

طی ۲۰ سال گذشته، شاخص‌های زیادی برای ارزیابی کمی آسیب‌پذیری منابع آب توسعه داده شده‌اند. انتخاب معیاری که ارزیابی درستی از وضعیت آب را نشان دهد، می‌تواند تصمیمات سیاستی را به تصمیمات علمی نزدیک کند (Brown و Matlock، ۲۰۱۱). در مقاله حاضر، ابتدا میزان آب تجدیدپذیر برای دشت‌های حوضه آبریز قره‌قوم برآورد شده و با ارائه چند شاخص کمی مبتنی بر آب تجدیدپذیر، آسیب‌پذیری منابع آب این حوضه از نظر جمعیت، کشاورزی و مصارف ارزیابی و مناطق بحرانی تعیین می‌شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز قره‌قوم ایران یکی از شش حوضه آبریز اصلی ایران با ۱۳ زیرحوضه می‌باشد (شکل ۱). این منطقه بخشی از حوضه آبریز رودخانه قره‌قوم (جنوب غرب قره‌قوم) است که در کشور ایران قرار داشته و کاملاً قسمت شمال شرق استان خراسان رضوی را می‌پوشاند. بخش ایرانی حوضه آبریز قره‌قوم با گستره‌ای معادل ۴۴۱۶۵ کیلومترمربع، یکی از حوضه‌های مهم به لحاظ منابع آب را تشکیل می‌دهد (ولایتی و توسلی، ۱۳۷۰). بر اساس آخرین آماربرداری در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰، تخلیه سالیانه از منابع آب زیرزمینی دشت‌های تحت پوشش حوضه‌آبریز قره‌قوم ۲۶۶۱ میلیون مترمکعب می‌باشد. این میزان بیش از پتانسیل آب



شکل۱- موقعیت حوضه آبریز قره قوم و زیرحوضه‌های آن

زیرزمینی آن بوده است، بطوریکه مخازن آب زیرزمینی حوضه در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ با حدود ۴۴۹/۳ میلیون مترمکعب کسری مواجه شده است. کسری مخازن و حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی در جدول (۱) ارائه شده است.

آمار و اطلاعات و داده ها

به منظور برآورد حجم آب تجدیدپذیر، اطلاعاتی از قبیل حجم نزولات جوی سالانه، حجم رواناب، حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی، کسری مخازن، حجم تنظیمی سدها و... در هر زیر حوضه از شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (۱۳۹۱) دریافت شده است. همچنین برای محاسبه شاخص‌های ارائه شده در این مقاله اطلاعاتی از قبیل جمعیت در هر زیرحوضه، سطح اراضی فاریاب فعلی و نیاز آبی ناخالص سالانه برای عملکرد مطلوب الگوی کشت موجود در هر یک از زیرحوضه‌های قره‌قوم از استانداری خراسان رضوی و سازمان جهاد کشاورزی (۱۳۸۷) تهیه شده که در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱ - وضعیت کشاورزی و منابع آب به تفکیک زیرحوضه های قره قوم

نام زیرحوضه	کل جمعیت طبق سرشماری ۱۳۸۵ (نفر)	برداشت از منابع آب زیرزمینی طبق آماربرداری سال ۱۳۸۷ (MCM)	تغییرات متوسط حجم مخزن در طول دوره آماری (MCM)	سطح زیرکشت فعلی (ha)	نیاز آبی ناخالص برای عملکرد مطلوب الگوی کشت (m3/ha)	نیاز آبی خالص برای عملکرد مطلوب الگوی کشت (m3/ha)
سنگ بست	۲۱۸۳۸	۶۲/۱	۰	۶۸۷۷	۱۳۰۵۵	۸۸۷۷
مشهد	۲۹۴۷۰۴۹	۱۱۰۳/۸	-۱۰۴/۲	۱۱۹۳۶۳	۱۲۱۸۲	۸۲۸۴
نریمانی	۲۱۹۹۷	۱۴۱/۷	-۱۶/۵	۱۴۷۰۴	۱۲۹۶۴	۸۸۱۶
آق دربند	۱۲۵۴۷	۶/۲	۰	۲۹۹۴	۱۵۵۱۵	۱۰۵۵۰
صالح‌آباد- جنت‌آباد	۴۱۹۹۰	۲۵/۵	-۱/۵	۹۲۱۱	۱۳۹۰۳	۹۴۵۴
فریمان- تربت‌جام	۲۶۵۲۸۲	۶۳۰/۹	-۲۲۱/۲	۷۹۲۷۰	۱۳۶۷۹	۹۳۰۲
شهرنو- باخرز	۴۳۰۵۲	۱۳/۷	۰	۹۱۲۹	۱۳۵۹۵	۹۲۴۵
کرات	۱۱۲۲۷	۸۴/۸	-۲۸/۱	۱۲۰۳۷	۱۲۵۴۴	۸۵۳۰
تایباد	۹۷۷۵۵	۱۳۱/۳	-۳۴/۸	۲۲۸۶۸	۱۱۸۴۸	۸۰۵۷
سرخس	۶۵۹۶۷	۳۳۴/۶	-۶/۷	۱۳۱۳۱	۱۶۹۶۶	۱۱۵۳۷
گنبدلی	۱۱۲۸۶	۲/۲	۰	۱۲۵۷	۱۶۷۱۸	۱۱۳۶۸
درگز	۶۵۷۲۷	۵۹/۹	-۴/۸	۱۳۹۱۸	۱۲۲۲۶	۸۳۱۴
کلات نادری	۵۷۵۹۰	۶۴/۸	۰	۹۷۰۷	۱۴۴۶۲	۹۸۳۴
قره قوم	۳۶۶۳۳۰۷	۲۶۶۱/۵	-۴۱۷/۸	۳۱۴۴۶۶	۱۳۰۱۸	۸۸۵۲

محاسبه آب تجدیدپذیر

معادله بیلان منابع آب در حوضه به صورت معادله (۱) است:

$$P - ET + Ri - Ro + Gi - Go - Cg - Cr = \Delta S \quad (۱)$$

در این رابطه، P حجم باران، ET تبخیر- تعرق، Ri و Ro به ترتیب رواناب های ورودی و خروجی، Gi و Go به ترتیب جریان های زیرزمینی ورودی و خروجی، Cg و Cr به ترتیب مصرف آب های زیرزمینی و سطحی و ΔS معرف تغییرات ذخیره آب در حوضه می باشد. با توجه به معادله بالا، بیلان منابع آب زیرزمینی به صورت زیر تعریف می شود:

$$I + Ir + Gi - Ug - Go = \Delta V \ , \ I = P - ET - R \quad (۲)$$

در این روابط، I و R به ترتیب معرف حجم آب نفوذ یافته و رواناب سطحی ناشی از باران، Ug برداشت از منابع آب زیرزمینی و Ir

معرف آب برگشتی از برداشت سطحی و زیرزمینی و ΔV تغییرات حجم آبخوان می باشد. در این پژوهش پس از برقراری بیلان آبی هر یک از زیرحوضه ها، حجم آب تجدیدپذیر (RW)[1] با توجه به معادله (۳) محاسبه شده است.

$$RW = R + Ri + I - Ro + Gi - G \qquad (۳)$$

شاخص‌های تحلیل وضعیت منابع آب

شاخص‌های متعددی برای تحلیل وضعیت پایداری منابع آب به کارگرفته می شود. در این مطالعه با داشتن حجم آب تجدیدپذیر در هر زیرحوضه، شاخص‌های زیر برای تحلیل وضعیت تعادل منابع آب و پایداری توسعه استفاده شده است.

۱. شاخص فالکن مارک (FI)[2]

فالکن مارک، در مطالعات خود بحران آب را براساس مقدار سرانه منابع آب تجدیدپذیر سالیانه هر کشور تعریف و میزان سرانه آب ۱۷۰۰ و ۱۰۰۰ متر مکعب در سال را به ترتیب به عنوان شاخص تنش و کمبود معرفی کرده است (Falkenmark و Widstrand، ۱۹۹۲). مقادیر استاندارد این شاخص در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۲ – مقادیر استاندارد سرانه آب تجدیدپذیر یا شاخص FI

وضعیت	سرانه آب تجدیدپذیر (m3/person)
مناسب	بیشتر از ۱۷۰۰
بحرانی	۱۰۰۰–۱۷۰۰
کمیابی	۵۰۰–۱۰۰۰
کمبود مطلق	کمتر از ۵۰۰

۲. شاخص نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر (C/RW)

Asano و همکاران (۲۰۰۶) نسبت آب مصرفی (C)[3] به آب تجدیدپذیر (RW) را به عنوان شاخصی برای بررسی پایداری منابع آب معرفی می کنند. از آنجاییکه رهاسازی مقداری از آب تجدیدپذیر به پایین دست (به ویژه از طریق زه آب زیرزمینی) جهت تعادل بیلان نمک در حوضه آبریز الزامی است، مصرف باید کمتر از آب تجدیدپذیر باشد. لذا طبق استاندارد بین المللی (جدول ۳) میزان آب مصرفی معادل ۰/۷ آب تجدیدپذیر به عنوان مرز شرایط بحرانی در نظر گرفته می‌شود. با رعایت این حد تنها پایداری کمی و کیفی منابع آب حفظ می شود. اما برای حفظ پایداری توسعه متکی به منابع آب، رعایت حد ۰/۴ مصرف از آب تجدیدپذیر به عنوان استاندارد مطرح شده و بیانگر شرایطی است که این نوع توسعه در خشکسالی های طولانی هم پایداری خود را حفظ نماید. بایستی به این نکته توجه شود که این مقادیر آستانه، تخمینی و غیر دقیق بوده و در هر حوضه با توجه به شرایط هیدرولوژیکی و میزان آلودگی ها و فعالیت های بشر قابل تدقیق و تغییر هستند.

با توجه به اینکه مقداری از آب برداشت شده سطحی (U_r) و زیرزمینی (U_g) به مخازن آب زیرزمینی باز می گردد، مصرف (C) از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$C = (U_r+U_g) - I_r \qquad (۴)$$

جدول ۳ – مقادیر بحرانی نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر

وضعیت	نسبت آب مصرفی به تجدیدپذیر (C/RW)
خوب	کمتر از ۰/۴
بحرانی	۰/۴–۰/۷
بحرانی شدید	۰/۷–۱
عدم تعادل بیلان	بیشتر از ۱

۳. شاخص حداکثر اراضی فاریاب (MILI)[4]

به طور کلی برای رسیدن به پتانسیل تولید در هر هکتار، نیاز آبی الگوی کشت باید تأمین شود. حجم آب تجدیدپذیر در هر زیرحوضه به عنوان معیاری است که می توان نیاز خالص آبیاری سالانه الگوی کشت در هر زیر حوضه را با آن مقایسه نمود. همانطور که در بخش قبل ذکر شد نیاز ناخالص آبیاری محصولات هر زیر حوضه تهیه شده است. برای رسیدن به نیاز خالص آبیاری باید نیاز آبشویی را از نیاز ناخالص کسر نمود؛ چراکه این حجم آب نفوذ کرده و به منابع آب زیرزمینی باز می گردد. نفوذ عمقی با توجه به روش آبیاری مرسوم و غالب در استان خراسان رضوی ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه حدود ۵ درصد از نیاز آبشویی به صورت آب شور از حوضه خارج می شود و غیر قابل استفاده مجدد است، از دیدگاه منابع آب به عنوان آب مصرفی در بخش کشاورزی محسوب می شود و ۱۵ درصد آن به عنوان آب بازگشتی به مخازن زیرزمینی در نظر گرفته می شود. به عبارتی تنها ۱۵ درصد از آن قابل استفاده مجدد است و باید از نیاز ناخالص آبیاری کسر نمود.

همچنین با توجه به اینکه در عمده اراضی زراعی منطقه مورد مطالعه آبیاری با فواصل زمانی طولانی صورت می گیرد (حدود ۱۰ روز)، اگر طولانی بودن دور آبیاری و به تبع آن کاهش عملکرد را بپذیریم، می توان گفت نیاز خالص آبیاری با دور آبیاری طولانی به میزان ۲۰ درصد کاهش می یابد. در این مطالعه برای رسیدن به نیاز خالص آبیاری الگوی کشت هر زیرحوضه نیاز ناخالص آبیاری در دو ضریب اصلاحی (ضریب اصلاحی نفوذ عمقی قابل استفاده مجدد و ضریب اصلاحی دور آبیاری) ضرب شده که در جدول (۱) ارایه است. از تقسیم آب تجدیدپذیر (RW) به نیاز خالص آبیاری در هر هکتار الگوی کشت (PIR)[۵]، حداکثر سطح زیر کشت مجاز

نتایج و بحث

پس از برقراری بیلان آبی هریک از زیرحوضه های قره قوم، حجم آب تجدیدپذیر به دست آمده است. همچنین بعد از برقراری بیلان آبی با داشتن برداشت از منابع آب و میزان آب بازگشتی به منابع آب، مصرف نیز برآورد شده است.

پس از برآورد حجم آب تجدیدپذیر (RW) و مقدار مصرف (C) در هر زیرحوضه، شاخص های ذکر شده محاسبه شد. مقادیر آب تجدیدپذیر، مصرف و شاخص های وضعیت منابع آب به تفکیک زیرحوضه های قره قوم در جدول (۴) آمده است. طبق نتایج شاخص FI مشخص است که از نظر نیاز جمعیتی به منابع آب، زیرحوضه مشهد در شرایط کمبود مطلق می‌باشد. یعنی سرانه آب تجدیدپذیر به میزان ۲۲۵ متر مکعب به ازای هر نفر به هیچ وجه پاسخگوی توسعه اجتماعی- اقتصادی جمعیت حاضر در زیرحوضه مشهد نمی‌باشد. همچنین زیرحوضه های فریمان- تربت‌جام، شهرنو -باخرز و تایباد و صالح‌آباد- جنت‌آباد در شرایط بحرانی هستند. در واقع تراکم جمعیت در این زیرحوضه‌ها با منابع آب موجود آن‌ها تطابق ندارد.

با توجه به جدول (۱) سطح زیر کشت موجود در حوضه آبریز قره‌قوم ۳۱۴۴۶۶ هکتار می‌باشد، در حالی که طبق شاخص MILI به شرط تخصیص کل آب تجدیدپذیر برای تأمین نیاز آبی خالص الگوی کشت موجود، حداکثر سطح زیر کشت آبی مجاز ۲۳۲۷۳۶ هکتار است. به عبارت دیگر متوسط نیاز آبی خالص الگوی کشت موجود در این حوضه حدود ۸۸۵۲ متر مکعب در هکتار می‌باشد، در حالی که مقدار آب تجدیدپذیر به ازای هر هکتار از اراضی فاریاب حوضه آبریز قره‌قوم فقط ۶۵۵۱ متر مکعب است. یعنی اگر ۱۰۰ درصد آب تجدیدپذیر هر زیرحوضه را به کشاورزی اختصاص دهیم، باز هم پاسخگوی نیاز آبی اراضی فاریاب فعلی نخواهد بود. همچنین بر اساس نتایج شاخص OILI، به جز دشت های سرخس، درگز، آق دربند، کلات و سنگ بست، دیگر دشت های حوضه آبریز قره‌قوم بیش از سطح مجاز، زیر کشت آبی قرار گرفته اند. در زیرحوضه‌های کرات و فریمان - تربت جام، شاخص OILI به ترتیب با مقادیر ۳/۰۷ و ۲/۲۲ بحرانی ترین شرایط را از نظر تجاوز سطح زیر کشت فاریاب نشان می دهد. این شاخص برای حوضه آبریز قره قوم ۱/۳۵ برابر حد مجاز می باشد. با توجه به اینکه بخش کشاورزی به عنوان مهمترین مصرف کننده منابع آب در همه زیرحوضه ها بوده، بدیهی است عمده کسری مخازن زیرزمینی ناشی از مصارف بالای آب در بخش کشاورزی است. در واقع توسعه کشاورزی این زیرحوضه ها بر پایه منابع آبی غیر تجدیدشونده شکل گرفته است. البته با وجود اضافه برداشت در اکثر زیرحوضه‌ها باز هم نیاز آبیاری مطلوب اراضی کشت فاریاب تأمین نمی شود و کشاورزان مجبور به کم‌آبیاری هستند.

همچنین براساس نتایج ارایه شده در جدول (۴) برای شاخص C/RW، مشاهده می شود که در بیشتر زیرحوضه‌ها حجم آب مصرفی بیش از مقدار آب تجدیدپذیر است. در واقع این زیرحوضه‌ها از نظر منابع آبی در شرایط عدم تعادل بیلان بوده و پایدار نیستند. به خصوص زیرحوضه‌های کرات، فریمان-تربت‌جام (که نسبت C/RW در آن‌ها به ترتیب ۲/۶۶ و ۱/۷۴ است) از نظر منابع آبی به شدت ناپایدارند. این در حالی است که اگر نسبت C/RW به ۰/۷ برسد باز هم مشکلات زیست محیطی و همچنین کیفیت آب وجود خواهد داشت و بر اساس استاندارد باید برنامه ریزی های بلند مدت توسعه بر اساس نسبت C/RW ۰/۴ صورت گیرد. با این توصیف نسبت کاهش مصرف برای رسیدن به وضعیت پایداری به تفکیک زیرحوضه های قره قوم در جدول (۴) آمده است. با توجه به این جدول برای رسیدن به پایداری نسبی، بایستی کاهش مصرفی معادل ۴۴ درصد در حوضه آبریز قره‌قوم صورت گیرد و برای رسیدن به پایداری توسعهدر حوضه آبریز قره قوم نیاز به ۶۸ درصد کاهش مصرف است.

به آبیاری (به شرط تخصیص تمامی آب تجدیدپذیر هر زیرحوضه به آبیاری)، بدست می آید.

$$MILI = RW/PIR \quad (۵)$$

۴. شاخص تجاوز سطح اراضی فاریاب (OILI)[۶]

به شرط تخصیص تمامی آب تجدیدپذیر هر زیرحوضه به آبیاری، با تقسیم سطح زیر کشت اراضی فاریاب (CIL)[۷] بر حداکثر سطح زیر کشت مجاز به آبیاری مقدار شاخص تجاوز سطح اراضی فاریاب در هر زیر حوضه بدست می آید.

$$OILI = CIL / MILI \quad (۶)$$

جدول ۴ – مقادیر آب تجدیدپذیر، مصرف و شاخص های وضعیت منابع آب در زیرحوضه های قره قوم

نام زیرحوضه	RW (MCM)	مصرف MCM	FI (person/(m³)	MILI (ha)	OILI	C/RW وضعیت فعلی	C/RW ۰/۷ (پایداری نسبی)		C/RW ۰/۴ (پایدار)	
							مصرف MCM	درصد کاهش مصرف	مصرف MCM	درصد کاهش مصرف
سنگ بست	۸۱	۸۲	۳۷۱۴	۹۱۳۶	۰/۷۵	۱/۰۲	۵۷	۳۱	۳۲	۶۱
مشهد	۶۶۲	۸۰۴	۲۲۵	۷۹۸۷۸	۱/۴۹	۱/۲۱	۴۶۳	۴۲	۲۶۵	۶۷
نریمانی	۱۲۱	۱۵۱	۵۵۱۲	۱۳۷۵۴	۱/۰۷	۱/۲۴	۸۵	۴۴	۴۹	۶۸
آق دربند	۲۷	۱۸	۲۱۳۴	۲۵۳۸	۱/۱۸	۰/۶۸	۱۹	–	۱۱	۴۱
صالح‌آباد–جنت‌آباد	۷۰	۷۱	۱۶۶۳	۷۳۸۶	۱/۲۵	۱/۰۱	۴۹	۳۱	۲۸	۶۱
فریمان–تربت‌جام	۳۳۲	۵۷۸	۱۲۵۰	۳۵۶۴۴	۲/۲۲	۱/۷۴	۲۳۲	۶۰	۱۳۳	۷۷
شهرنو–باخرز	۵۷	۵۷	۱۳۱۸	۶۱۳۷	۱/۴۹	۱/۰۱	۴۰	۳۱	۲۳	۶۰
کرات	۳۳	۸۹	۲۹۷۷	۳۹۱۸	۳/۰۷	۲/۶۶	۲۳	۷۴	۱۳	۸۵
تایباد	۱۰۹	۱۴۱	۱۱۱۳	۱۳۵۰۹	۱/۶۹	۱/۳۰	۷۶	۴۶	۴۴	۶۹
سرخس	۱۵۸	۱۸۰	۲۳۹۲	۱۳۶۸۰	۰/۹۶	۱/۱۴	۱۱۰	۳۹	۶۳	۶۵
گنبدلی	۳۷	۳۱	۳۲۷۹	۳۲۵۵	۰/۳۹	۰/۸۳	۲۶	۱۶	۱۵	۵۲
درگز	۱۷۹	۱۸۷	۲۷۲۷	۲۱۵۶۱	۰/۶۵	۱/۰۴	۱۲۵	۳۳	۷۲	۶۲
کلات نادری	۱۹۵	۱۹۵	۳۳۸۴	۱۹۸۱۵	۰/۴۹	۱	۱۳۶	۳۰	۷۸	۶۰
قره قوم	۲۰۶۰	۲۵۵۷	۵۶۲	۲۳۲۷۳۶	۱/۳۵	۱/۲۴	۱۴۴۲	۴۴	۸۲۴	۶۸

جمع بندی و ارایه پیشنهادات

حوضه آبریز قره‌قوم از نظر شاخص فالکن مارک در شرایط کمیابی است. به عبارت دیگر به دلیل جمعیت بالای شهر مشهد نه تنها زیرحوضه مشهد بلکه آب تجدیدپذیر حوضه آبریز قره‌قوم نیز نمی‌تواند نیازهای آبی فعالیت های جاری در حوضه را تأمین کند. همچنین، این حوضه از نظر شاخص «مصرف به آب تجدیدپذیر» در حال حاضر در شرایط عدم تعادل بیلان قرار دارد. برای رسیدن به تعادل کمی بایستی مصارف حوضه آبریز قره قوم حدود ۲۰٪ و برای دستیابی به تعادل کیفی ۴۴٪ کاهش یابد. از طرفی سطح زیر کشت آبی حوضه آبریز قره‌قوم ۱/۳۵ برابر حد مجاز است؛ یعنی در صورت تخصیص تمامی آب تجدیدپذیر به آبیاری، حداکثر ۷۴ درصد از اراضی فاریاب موجود، می‌تواند آب آبیاری مورد نیاز برای رسیدن به عملکرد مطلوب را دریافت کند. واضح است که با این شرایط در بیشتر زیرحوضه ها یا کم آبیاری صورت گرفته و یا آب مورد نیاز آبیاری برای این سطح زیر کشت اضافی با اضافه برداشت از منابع آبی غیر تجدیدشونده تأمین می شود.

در مجموع توسعه فعلی حوضه آبریز قره‌قوم منجر به عدم تعادل منابع آب حوضه گشته و ناپایدار خواهد بود. وقوع خشکسالی طولانی مدت در این شرایط، می تواند برای ادامه حیات ساکنین منطقه بسیار مخاطره آمیز باشد. پایداری توسعه در ارتباط با منابع آب منوط به بازیابی تعادل و سپس مصرف بهینه آب در تمام بخش‌های مصرف، به ویژه در بخش کشاورزی، خواهد بود. برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی نیز، راهبردهای زیر پیشنهاد می شود:

الف– کاهش مصارف متناظر با افزایش بهره‌وری آب با روش های مختلف از جمله توسعه کشت گلخانه ای، بهبود روش های آبیاری و هماهنگ نمودن الگوی کشت با پتانسیل منابع آب موجود. البته توجه به این نکته ضروری است که افزایش بهره‌وری آب به خصوص در بخش کشاورزی با سرعتی بیش از کاهش برداشت ها مضر به حال بیلان منابع آب است. زیرا افزایش بهره‌وری آب باعث کاهش جریان آب بازگشتی و افزایش مصرف شده و تنها به

شرط اینکه حجم آب برداشت شده کاهش یابد، توصیه می شود.
ب- تخصیص بهینه منابع آب به بخش ها و فعالیت های مختلف با در نظر گرفتن ارزش ریالی آب (مدیریت تقاضا)
لازم به توضیح است که توسعه منابع آب در شرایط حاضر بسیار مشکل و تقریباً غیرعملی است. البته انتقال آب از حوضه های مجاور (در صورت امکان) راه حل دیگری است که باید مورد بررسی قرار گیرد. گرچه با توجه به شرایط آبی منطقه پیداکردن منابع آب در فواصل قابل توجیه اقتصادی و بدون تبعات زیست محیطی تقریباً نادر می باشد. همچنین انتقال آب موجب افزایش شدید قیمت آب شده به طوریکه توجیه مصرف آن را در بخش کشاورزی زایل می نماید. برای اصلاح بیلان آبخانه ها و دست یابی به پایداری دشت ها در یک نگاه واقع گرایانه، می توان برنامه های معین برای انتقال مرحله ای از وضع موجود به وضع مطلوب طراحی نمود. دوره پیاده سازی این برنامه ها می تواند تا حدود سی سال به طول انجامد؛ بنابراین ضروری است تا از همین امروز نسبت به تدوین و اجرای آن ها اقدام جدی صورت پذیرد.

تقدیر و تشکر

اطلاعات و نتایج ارایه شده در این مقاله برگرفته از مطالعات آمایش سرزمین استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۱ می باشد که توسط نویسندگان به انجام رسیده است. این مطالعات با مشارکت جهاد دانشگاهی مشهد و معاونت برنامه ریزی استانداری خراسان رضوی صورت گرفته است. لازم است در اینجا از جناب آقای دکتر کامران داوری که با راهنمایی های ارزنده خود مسیر این مطالعات را هموار نمودند و همچنین همکاری و حمایت های شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی تشکر و قدردانی شود.

پی نوشت

1- Renewable Water
2- Falkenmark Index
3- Consumption Water
4- Maximum Irrigated Lands Index
5- Pure Irrigation Requirement
6- Over Irrigated Lands Index
7- Current Irrigated Lands

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی- گروه کار سیستم های آبیاری در مزرعه.

سامانی، ج. م.، طهماسبی، ع. و طهماسبی سروستانی، ز. ۱۳۸۱. مدیریت منابع آب و توسعه پایدار. دفتر مطالعات زیر بنایی، جلد۲۲، شماره مسلسل ۷۳۷۴.

شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی. مطالعات پایه منابع آب. ۱۳۹۱.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۷. گزارش برآورد آب مورد نیاز بخش کشاورزی استان خراسان رضوی به تفکیک دشت و حوزه. مدیریت آب و خاک و امور فنی مهندسی. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

وزارت نیرو. ۱۳۸۵. کارنامه عملکرد سال ۱۳۸۴ وزارت نیرو. قابل دسترس در http://www.meo.org.ir.

ولایتی، س. و توسلی، س. ۱۳۷۰. منابع و مسائل آب در استان خراسان. انتشارات آستان قدس رضوی.

Asano T. Burton F. Leverenz H. Tsuchihashi R. Tchobanoglous G. 2006. Water reuse: issues, technologies, and applications. 1st ed.

Brown A. and Matlock M.D. 2011. A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. The Sustainability Consortium, White Paper, University of Arkansas, AR, USA, 106 pp.

Falkenmark M. and Widstrand C. 1992. Population and water resources: a delicate balance. Population Bulletin, 47(3):1-36.

Rijsberman F.R. 2006. Water scarcity: Fact or fiction?, Agricultural Water Management, 80: 5–22.