سال اول، شماره ۱، اسفند ۱۳۹۲، صفحات ۹ تا ۱۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2014, Vol.1, No.1, Pages 9 to 18
Journal of Water and Sustainable Development

نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب

سید سجاد رضوی[۱*]، کامران داوری[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.
*(نویسنده مسئول، E-Mail: razavi.sadjad@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲

چکیده

طی سال‌های اخیر در اثر تغییر اقلیم کره زمین و بروز خشکسالی‌ها و از طرفی افزایش جمعیت جهان مشکلاتی برای بشر در تأمین آب و غذای مورد نیاز به وجود آمده است. بحران آب در کشورهایی همچون ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه خشک هستند، جدی‌تر است. در واقع با توجه به منابع موجود و تقاضای فعلی، منابع آب موجود جوابگوی تأمین نیاز آیندگان نخواهد بود. لذا توجه به شیوه‌های نوین تأمین آب بسیار ضروری است. یکی از شیوه‌های متداول در جهان، توجه به آب مجازی و آبرانه محصولات و تجارت آب مجازی است. در این مقاله مفهوم آب مجازی و آبرانه و مفاهیم مرتبط با آن از جمله بهره‌وری آب، آب تجدیدپذیر، الگوی مصرف خانوار و تعاریفی همچون برداشت، مصرف و آب برگشتی شرح گردیده و همچنین سعی شده تا این مفاهیم به صورت شماتیک و خلاصه شده در جداول و در عین حال به صورت جامع شرح داده شود. در نهایت به مشکلات و چالش‌های محاسبه آب مجازی در ایران و راهکارهای رفع آن اشاره شده است.

واژه‌های کلیدی: آبرانه، آب مجازی، بهره‌وری آب، تجارت آب مجازی، مصرف.

The role of virtual water in water resource management

S.S. Razavi [1*], K. Davary [2]

1,2 - MSc & Associate Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
* (Corresponding author Email: razavi.sadjad@gmail.com)
Received: 17-10-2013
Accepted: 23-11-2013

Abstract

In recent years, due to population growth, increase in water demand and available resources sustainability of water resources has not achieved. Water crisis in arid and semiarid climates such as Iran is critical which necessitates a new approach in water resources management. One of the new approaches in the world is known as virtual water trade and water footprint concept. Water trade is defined as importing water-intensive products from countries with water scarcity. In this study the concepts of virtual water and water footprint and related concepts such as water efficiency, renewable water, consumption patterns, consumptive and non-consumptive use are described schematically in the form of tables and figure. Finally the problems and challenges of virtual water calculation in Iran are indicated and some solutions are represented to overcome them.

Keywords: Consumptive use, Virtual water, Water footprint, Water trade.

مقدمه

کمبود آب در بخش‌های زیادی از کره زمین، مشکلات زیادی را برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و در کل روند عمومی زندگی انسان‌ها به وجود آورده است، به طوری که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ میلادی، ۵۰ تا ۶۰ درصد مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کم آبی مواجه شوند. کشور ایران هم که جزو کشورهای نیمه خشک می‌باشد، از این قاعده مستثنی نیست (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). در سال‌های اخیر این واقعیت کاملاً خود را نشان داده به طوری که اکثر دشت‌های ایران با روند نزولی سطح آب زیرزمینی مواجه هستند. این در حالی است که برنامه‌ریزی برای رشد جمعیت ایران تا بیش از ۱۰۰ میلیون نفر به انجام رسیده است. تأمین نیازهای غذایی یک جمعیت ۱۰۰ میلیونی، بر مبنای متوسط تأمین ۲۶۰۰ کیلوکالری انرژی برای هر نفردر روز، سالانه بیش از ۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب نیاز دارد. متأسفانه این مقدار در سبد آبی کشور موجود نیست (عربی و همکاران، ۱۳۸۷).

علی رغم محدودیت ظرفیت تجدیدپذیری منابع آبی، برخی از کشورهای کم آب برای تولید صنعتی و آبیاری به پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی می‌پردازند؛ و یا به نمک زدایی آب دریا و اجرای پروژه‌های بسیار بزرگ انتقال آب دست می‌زنند. تجارب نشان می‌دهد تولید محصولات در چنین شرایطی چندین برابر گرانتر تمام می‌شود. در حالیکه این کشورها می‌توانند با وارد نمودن تجارت آب مجازی در سیاست‌های آبی کشور، میزان دسترسی خود را به منابع آب جهان افزایش دهند؛ و به همان نسبت از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز بکاهند (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). Lenzen و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به تحلیل مشترک «میزان کمبود آب» و «تجارت آب مجازی» هر کشور پرداختند و نشان دادند که برای بحران آب هر کشور راه‌حل‌هایی از جنس تجارت آب مجازی و نیز آبرانه مردم آن کشور قابل ارائه است.

مفاهیم

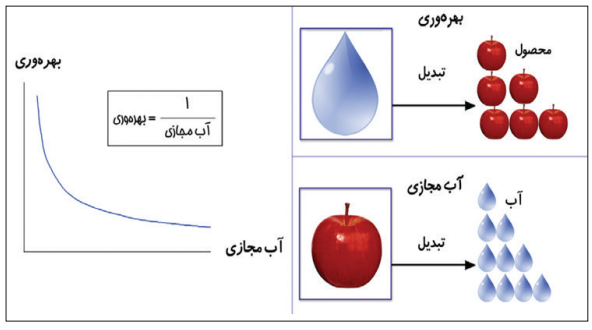
آب مجازی، آبرانه و رد پای آب:

برای اولین بار در دهه ۹۰ میلادی اصطلاح آب مجازی توسط تونی آلن برای نشان دادن کل مقدار آب مصرف شده برای تولید یک محصول (اعم از کالای صنعتی و یا محصول کشاورزی) مطرح شد. در واقع کل مقدار آب مصرفی در زنجیره تولید برای پدیدآوری یک محصول نهایی «آب مجازی» می‌نامند(Hoekstra، ۲۰۰۳).

متأسفانه به دلیل نبود اطلاعات لازم برای برآورد «آب مجازی» و تحلیل ابعاد تجاری آب مجازی و یا آبرانه، مقالات ارائه شده در کشور، صرفاً از جنس ارائه مفاهیم و هشدارها هستند. اخیراً چندین مطالعه برای کمیت دادن به آب مجازیِ تولیدات کشاورزی صورت گرفته است. برای مثال، در پژوهشی که توسط باغستانی و همکاران (۱۳۸۹) انجام شده، بر اساس نیاز آبی گیاهان و عملکرد محصول آب مجازی محاسبه شده و به جریان آب مجازی، تراز آب مجازی، و نیز به مفهوم «قابلیت سازگاری» اشاره شده است. قابلیت سازگاری، پتانسیل سیستم اجتماعی- اکولوژیکی برای تعدیل نیازها و توان تحمل فشارها است، که موجب حفظ پایداری سیستم می‌گردد. هرچه کشوری به لحاظ ساختارهای مدیریتی و فیزیکی آب پیشرفته بوده و توانمندی بیشتری در تنظیم و کنترل آب داشته باشد، قابلیت سازگاری بیشتری هم دارد. بعلاوه، حفظ یک حاشیه اطمینان برای سال‌های خشک قابلیت سازگاری را افزایش می‌دهد.

هدف این مقاله روشن کردن اهمیت نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب کشور می‌باشد. بدین منظور سعی شده است تا مفاهیم مربوط به آب مجازی (آبرانه، برداشت، مصرف، آب برگشتی و...) در مروری گسترده، در عین حال با توضیحاتی خلاصه شرح داده شوند. برای دستیابی به این مهم، با استفاده از منابع و مطالعات اخیر در ایران و جهان، سعی شده تا اهداف محاسبه آب مجازی شرح داده شوند. مقاله ضمن ارائه تعاریف استاندارد از مفاهیم ذیربط، با ارائه شکل‌ها و نمودارها درک آسان و کامل موضوع را فراهم نموده است. مزید بر اینها، موانع موجود برای به کارگیری مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب و چالش‌های محاسبه آبرانه در ایران به اختصار معرفی گردیده‌اند. در نهایت با توجه به مقدار تجدیدپذیری منابع آب کشور، به نقش تجارت (صادرات و واردات) آب مجازی در تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور اشاره گشته است.

زمان و مکان تولید، شرایط اقلیمی و بازده در میزان آب مصرفی برای تولید محصولات صنعتی و کشاورزی دخالت دارند. در واقع تجارت آب مجازی، با سپردن تولید هر محصول کشاورزی به اقلیم مناسب آن، موجب کاهش مصرف آب در مقیاس جهانی می‌گردد. در جدول (۱)، نمونه‌ای از آب مجازی کالاها یا مواد غذایی ارائه شده و در شکل (۱)، مفهوم آب مجازی با بهره‌وری آب مقایسه شده است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۱– مفهوم آب مجازی در مقایسه با بهره وری آب

اصطلاح «رد پا»[1] برای نشان دادن میزان مصرف منابع طبیعی در حوزه علوم محیط زیستی و صنعتی کاربرد دارد. مفهوم «رد پای آب» برای اولین بار توسط Hoekstra و همکاران (۲۰۰۹) وارد حوزه مدیریت آب شد تا بر اساس آن مجموع میزان مصرف آب مجازی و واقعی در مرزهای سازمانی، جغرافیایی و سیاسی یا برای فعالیت‌های مشخص قابل بحث و بررسی باشد. در زبان فارسی عبارت «آبرانه» برای بیان «سرانه» رد پای آب، یا مقدار سالانه مصارف مستقیم و غیر مستقیم آب هر ایرانی، وضع شده است. مصرف مستقیم همان میزان مصرف روزانه برای آشامیدن، پخت و پز، شستشو و... می‌باشد. اما، مصرف غیر مستقیم یا مصرف آب مجازی (مواد غذایی، محصولات صنعتی، خدمات، و...) بسیار بیشتر از مصرف مستقیم است. در شکل (۲)، اجزاء آبرانه به صورت شماتیک نشان داده شده است.

منظور از «رد پای آب»، یعنی کاربرد مفهوم آب مجازی (حسب تعریف تونی آلن) و تعقیب فرآیند تولید برای بدست آوردن مجموع آب مصرفی محصول نهایی. فرآیند تولید هر محصول، زنجیره‌ای پیچیده و طولانی است که ممکن است طی آن در زمان و مکان‌های

جدول ۱– آب مجازی چند محصول مختلف

کالا یا مواد غذایی	آب مجازی (لیتر)
یک لیوان شیر(۲۰۰ میلی لیتری)	۲۰۰
یک عدد سیب زمینی(۱۰۰ گرمی)	۲۵
یک صفحه کاغذ A۴	۱۰
یک کیلوگرم گندم	۱۳۰۰
یک خودروی مسافرتی، ۱۱۰۰ کیلوگرمی	۴۰۰۰۰۰
یک کیلوگرم گوشت مرغ	۴۰۰۰
یک کیلوگرم گوشت گاو	۱۵۰۰۰

مختلف با راندمان‌های مختلف آب مصرف شود. از این رو، برای مصارف آب در فرآیند تولید یک مقدار معین از محصولی مشخص، تحت فناوری‌ها و یا تحت شرایط محیطی/اقلیمی مختلف، «رد پای آب» متفاوتی شناسایی و ثبت می‌شود.

شکل ۲ – مفهوم آبرانه مصرفی انسان
(احسانی و همکاران، ۱۳۸۷)

انواع آب و رد پای آب:

منظور از آب «آبی» همان آب‌های زیرزمینی و سطحی است که قابل استحصال هستند. آب «سبز» به بخشی از باران که در خاک ذخیره شده و در فاصله دو باران متوالی تبخیر و/یا تعرق می‌شود، اطلاق می‌گردد. آب‌های آلوده شده در چرخه تولید را آب «خاکستری» می‌نامند. در زنجیره تولید ممکن است، همه یا یکی از این انواع آب به مصرف برسد. طبق تعریف Hoekstra و همکاران (۲۰۰۹) می‌توان مصرف انواع آب‌ها را به شرح زیر تشخیص داد. مصارف آب به شرح زیر جزء «آب آبی» محسوب می‌شوند:

۱– بخشی از آب استحصال شده که از مخازن سدها و یا در شبکه انتقال و توزیع تبخیر می‌شود؛ ۲– بخشی از آب آبیاری که صرف تبخیر و تعرق گیاه می‌شود و یا در محصول می‌ماند (آب نهان)؛ ۳– بخشی از آب که در فرآیند تولید صنعتی و یا بخش خدمات و یا برای رفاه انسان صرف تبخیر شده و یا در کالا گنجانده می‌شود(آب نهان)؛ ۴– بخشی از آب برگشتی که پس از استفاده از دسترس خارج می‌گردد (یعنی یا وارد حوضه دیگر شده و یا به دریا می‌ریزد)؛ و ۵– آبی که در یک دوره زمانی برای کشتیرانی و یا به منظور تفریح و توریسم (هر چند مصرف نشود) از دسترس سایر مصارف خارج

می‌گردد و یا زمانی رها می‌شود که مفید برای سایر مصارف نیست. حجمی از «آب سبز» که در تولید محصول مفید واقع شود، به عنوان رد پای آب سبز ثبت می‌گردد. بخشی از باران که مفید به حال کشت دیم، گیاهان دارویی خودرو، مراتع و جنگل‌های «تحت بهره‌برداری» واقع می‌شود، از این نوع محسوب می‌گردد. در کشاورزی فاریاب نیز باران مؤثر آب سبز است. این نوع آب به شکل تبخیر و تعرق گیاه و یا آب نهان (آبی که در گیاه می‌ماند) مصرف می‌شود. این گونه تولیدات موجب بهره‌برداری از آب سبز می‌شود؛ آبی که حدود ۷۰ درصد از بارش کشور را به خود اختصاص داده است. زندگی عشایری عمدتاً مبتنی بر بهره‌برداری از آب سبز بوده و هست.

در مورد «آب خاکستری» باید توجه داشت که این آب همان آب برگشتی پس از استفاده از آب آبی بوده، و لذا یک منبع جدید محسوب نمی‌گردد. دو نوع استفاده/ مصرف برای آب خاکستری وجود دارد. اول، بازیافت آب خاکستری و استفاده مجدد آن (مانند آب آبی) که در این حالت آب آبی تلقی می‌شود. دوم، حجم آبی که برای تخلیه آلودگی‌ها و نمک‌ها از حوضه مورد نیاز است. در واقع تعادل بیلان نمک منابع آب حوضه و نیز حفظ کیفیت آب در حد استانداردهای کیفی تعریف شده، صرفاً با رها سازی قدری آب از انتهای حوضه محقق خواهد شد. این آب، به عنوان رد پای آب خاکستری منظور می‌گردد.

آب تجدیدپذیر:

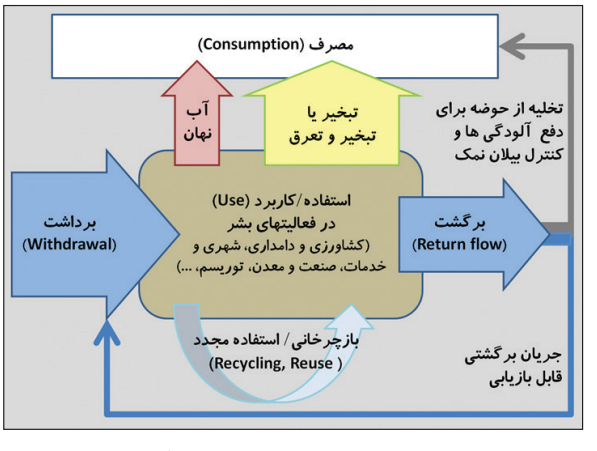
آب تجدیدپذیر مقدار آبی است که هر ساله به منابع آب حوضه افزوده می‌شود، و از سالی به سال دیگر تغییر می‌نماید. پایداری کمّی منابع آب در هر حوضه منوط به عدم تجاوز «مصارف» از «ظرفیت تجدیدپذیری» منابع آب است. آب تجدیدپذیر دارای انواع طبیعی، واقعی و تحت مدیریت، به شرح زیر می‌باشد (طالبی و همکاران، ۱۳۹۰):

(۱-الف)	آب تجدید پذیر طبیعی	$nRW = P + I - GW$
(۱- ب)	آب تجدید پذیر واقعی	$aRW = nRW - DS$
(۱- پ)	آب تجدید پذیر تحت مدیریت	$mRW = nRW - (DS \ U \ RR)$

در این معادلات، متغیرهای سمت راست عبارتند از: P بارش، I میزان ورودی از حوضه‌ها و یا محدوده‌های دیگر، GW آب سبز (تبخیر رطوبت خاک ناشی از بارش)، DS تخلیه اجباری و ضروری به پایین دست (حقابه، محیط زیست، دفع آلودگی‌ها،...)، و RR جریان‌های سیلابی و تند که تحت تنظیم نبوده و از حوضه خارج می‌شوند. تمامی مقادیر برای یک مقیاس زمانی مشابه (معمولاً سالانه) ارزیابی و برآورد می‌شوند. واحد تمامی اجزاء یکی و برحسب عمق یا حجم است. منظور از علامت U، عملگر اجتماع در جبر مجموعه‌ها است.

برداشت، مصرف و برگشت:

در سیستم منابع آب برداشت عبارت است از هر گونه جابه‌جایی آب از محل وقوع طبیعی آن برای استفاده در فعالیت‌های بشر. بخشی از آب برداشت شده، پس از استفاده، مصرف می‌شود؛ یعنی از منابع آب حوضه کاسته می‌گردد. مصرف عمدتاً از طریق تبخیروتعرق/تبخیر در فرآیند تولید و یا آب مصادره شده در محصولات و کالاهای تولیدی و یا با تخلیه از حوضه برای حفظ پایداری کیفی (دفع آلودگی‌ها و نمک‌ها) منابع آب، صورت می‌پذیرد. به آن بخش از آب برداشت شده که مصرف نشده و دوباره به مخازن آب‌های سطحی و زیرزمینی باز می‌گردد، آب برگشتی گویند. شکل (۳) این مفاهیم و روابط میان آن‌ها را نشان داده است (طالبی و همکاران ۱۳۹۰).



شکل ۳ – برداشت، مصرف و برگشت آب

محاسبه آب مجازی برای محصولات کشاورزی

در محاسبه آب مجازی برای فرآیندهای تولید و خدمات بایستی به زمان و مکان و نوع آب مصرف شده در زنجیره تولید و نیز بازده کاربرد آب توجه گردد. بدیهی است نتایج محاسبات حداکثر می‌توانند دقتی برابر با دقت داده‌ها داشته باشند. انتخاب مرز سیستم و زنجیره تولید نیز در دقت محاسبات و نتایج مؤثر است. برای محاسبه آب مجازی محصولات کشاورزی، تبخیروتعرق را به عنوان مصرف عمده در نظر گرفته می‌شود. این کمیت با اندازه‌گیری آب مصرفی گیاه (تبخیر و تعرق واقعی) بدست می‌آید. آب برگشتی (در صورت وجود) محاسبه خواهد شد؛ و نقش آب سبز و آب آبی در این محاسبات باید تفکیک گردد. آبیاری مولد آلودگی و نمک است. بنابراین برای دقت بیشتر، می‌توان سهم آب خاکستری که باید برای دفع این مواد از حوضه در خروجی حوضه تخلیه شود را برآورد و بر مصرف کشاورزی فاریاب افزود. سپس با تقسیم کردن عدد به دست آمده بر عملکرد محصول، میزان آب مجازی برای تولید هر واحد محصول بدست می‌آید (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷):

$$VWCc = \frac{CWCc}{Yc} \qquad \text{آب مجازی محصولات کشاورزی} \qquad (۲)$$

در این معادله، متغیرهای سمت راست عبارتند از: اندیس c نشانگر گیاهان متفاوت، Y عملکرد محصول (ton/ha) و CWC آب مصرفی گیاه (m^3/ha). واحد آب مجازی «متر مکعب بر تن» و برای هر دوره برداشت محصول می‌باشد.

اگر آب مجازی را به تفکیک نوع آب مصرفی محاسبه کنیم خواهیم داشت (Hoekstra و همکاران، ۲۰۰۹): آب سبز مصرفی معادل بارندگی مؤثر است، یا سهمی از بارش که در تبخیر و تعرق گیاه مصرف می‌شود. البته تعیین مقدار واقعی و دقیق آن به دقت زیادی نیاز دارد. در هر فاصله زمانی، از «نیاز آبی گیاه» و «بارش مؤثر» عدد کمتر همان آب سبز مصرفی است. آب آبی مصرفی معادل بخشی از تبخیر و تعرق واقعی گیاه است که توسط آب آبیاری تأمین شده و برابر است با تفاضل بارندگی مؤثر از آب مصرفی گیاه (ETa : اندازه‌گیری شده). نحوه برآورد آب خاکستری برای این فرآیند اجمالاً در زیر شرح داده شده است:

$$ETgreen = \min(ETa , Pe) \qquad \text{آب سبز مصرف شده در تبخیر و تعرق} \qquad (۳-الف)$$

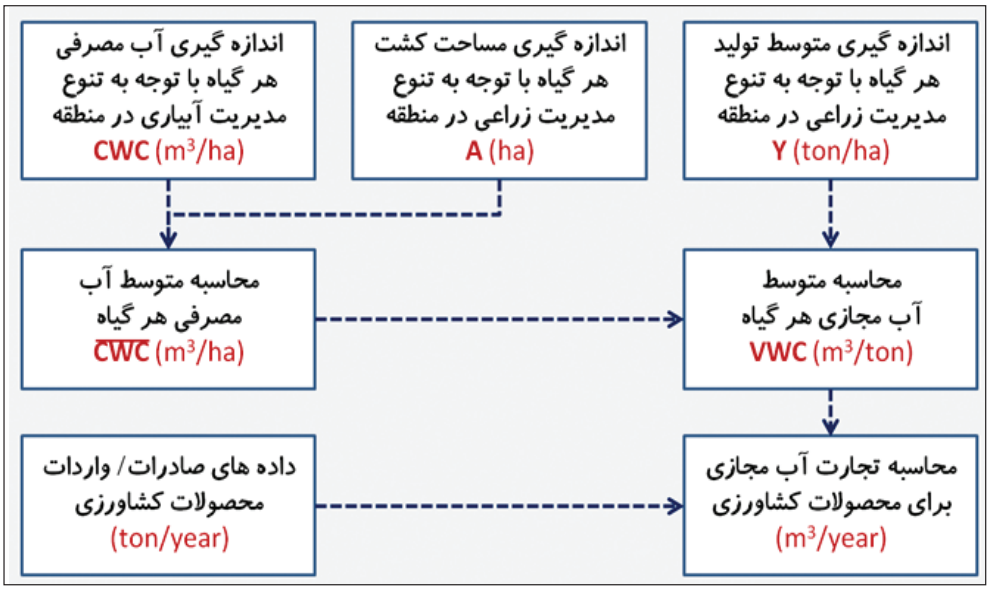
$$ETblue = \max(o, ETa - Pe) \qquad \text{آب آبی مصرف شده در تبخیر و تعرق} \qquad (۳-ب)$$

$$WFp,grey = \frac{(a * AR) \div (Cmax - Cnat)}{Y} \qquad \text{رد پای آب خاکستری} \qquad (۳-پ)$$

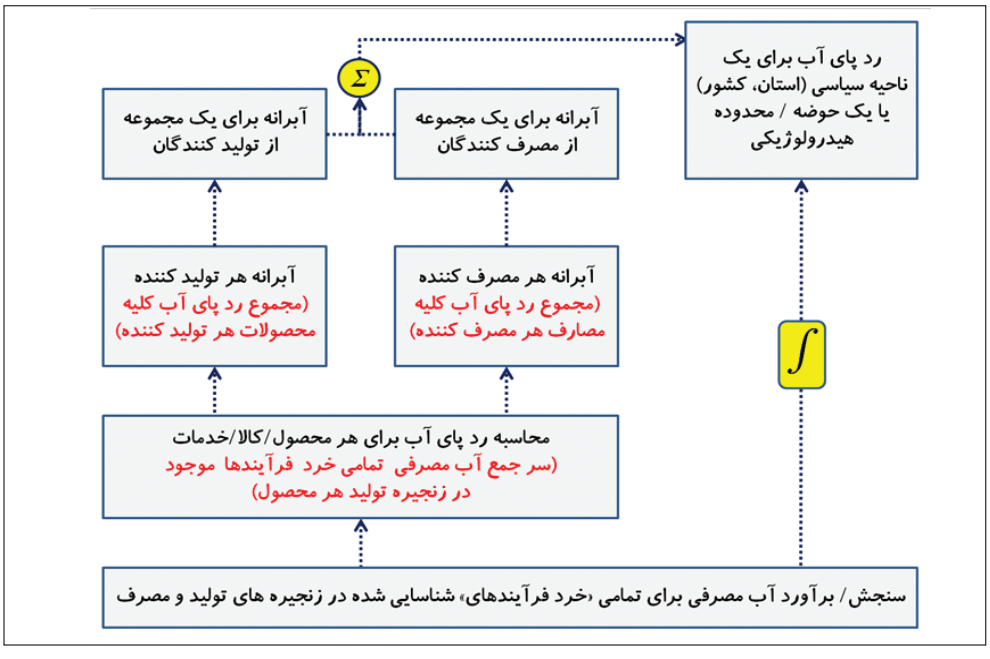
در این معادلات، متغیرهای سمت راست عبارتند از: ETa تبخیر و تعرق واقعی گیاه، Pe بارندگی مؤثر، a کسر آبشویی، AR نرخ مصرف کود و سم (kg/ha) ، Cmax حداکثر غلظت قابل تحمل منابع آب و Cnat غلظت طبیعی موجود (kg/m^3)، و Y عملکرد محصول (ton/ha). متغیر WFp,grey رد پای آب خاکستری به ازای هر واحد محصول تولید شده است (m^3/ton)، که برای دفع آلودگی‌ها و نمک‌ها در نظر گرفته می‌شود. شکل (۴) ترتیب محاسبه آب مجازی و برآورد حجم تجارت آن را نشان می‌دهد.

محاسبه رد پای آب برای یک منطقه

برای محاسبه آبرانه در یک منطقه (ناحیه سیاسی، محدوده هیدرولوژیکی) باید رد پای آب آن را بر جمعیتش تقسیم نمود. محاسبه رد پای آب، نیازمند شناسایی تمامی «خرد فرآیندها» که مصرف کننده آب می‌باشند و سنجش (یا برآورد دقیق) مصرف آب آن‌ها است. سپس مطابق روش ارائه شده در شکل (۵) می‌توان بقیه محاسبات را پی‌گرفت (Hoekstra و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۴ – محاسبه حجم تجارت آب مجازی برای محصولات کشاورزی

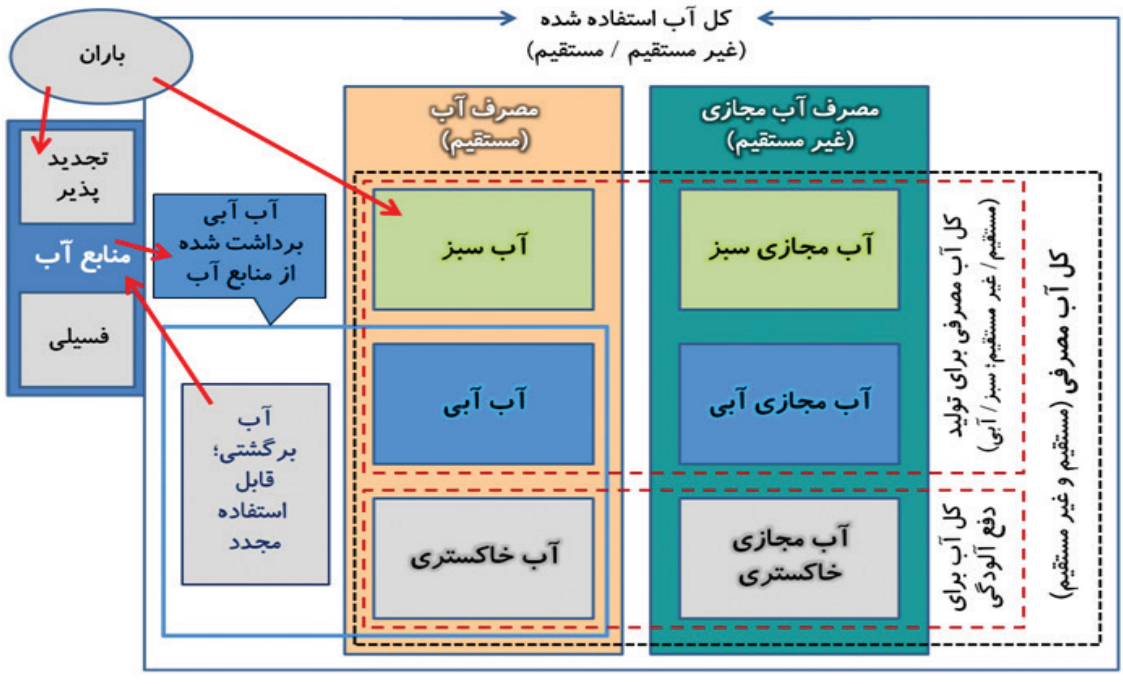


شکل ۵ – فرآیندهای محاسبه آبرانه در بخش ها و محدوده های مختلف

ارتباط میان مفاهیم آب مجازی

ارتباط مفهوم رد پای آب با مفاهیم برداشت، مصرف و برگشت آب در شکل (۶) به طور فشرده ارائه شده است. رد پای آب از دو طریق تعقیب می‌شود: ۱– آب مصرفی در زنجیره تولید، که در شکل با نام آب مصرفی (اعم از مستقیم و غیر مستقیم) معرفی شده است.

گرچه می‌توان آن را «آبرانه تولیدی» نیز نامید. ۲– آب خاکستری تولید شده که باید دفع گردد، و لذا نوعی مصرف تلقی می‌شود. این همان آبرانه خاکستری است که برای کنترل آلودگی و بیلان نمک تعریف گردیده است. در شکل (۶) مصارف مستقیم و غیرمستقیم آب با نام‌های «مصرف آب» و «مصرف آب مجازی» نیز بیان شده است.



شکل ۶ – ارتباط میان مفاهیم آب مجازی

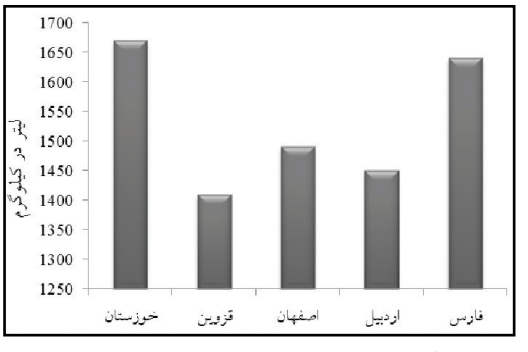
کاربردهای آب مجازی

تجارت جهانی آب مجازی:

تجارت آب مجازی مهم‌ترین کاربرد این مفهوم نسبتاً نو می‌باشد. کشورهای کم‌آب می‌توانند با واردات محصولات آب‌بر، نظیر مواد غذایی، آبی مورد نیاز برای تولید این محصولات را صرفه‌جویی نمایند و یا در بخش‌های دیگر مصرف کنند. این تجارت با در نظرگرفتن مزیت نسبی کشورهای صادرکننده در تولید محصولات غذایی صورت می‌گیرد، از این رو کشوری به صادرات مواد غذایی می‌پردازد که از نظر منابع و عوامل تولید این محصولات شرایط بهتری نسبت به کشورهای وارد کننده داشته باشد (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). همزمان با تجارت بین المللی کالاها، جریان آب مجازی از منطقه‌ای به منطقه دیگر در جهان در حال جریان است (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵). اگر جابجایی این حجم عظیم از آب مجازی بر روی نقشه بررسی شود، به رودخانه‌های بزرگی می‌ماند که توزیع نا برابر آب در سطح کره زمین را مستمراً تعدیل می‌نماید. عربی و همکاران (۲۰۱۲) جریان خالص آب مجازی به کشور را در رابطه با ۳۱ محصول عمده غذایی محاسبه کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که ایران طی سال ۲۰۰۶–۲۰۰۵ وارد کننده ۱۱/۶۴ بیلیون متر مکعب آب مجازی بوده است؛ چیزی نزدیک به ۱۰٪ آب تجدیدپذیر کشور.

تجارت داخلی آب مجازی:

کاربرد دیگر بررسی تجارت آب مجازی در داخل کشورهاست. برای ایران می‌توان این مقایسه را بین استان‌های کشور انجام داد و پتانسیل مناطق مختلف در تولید با صرفه‌تر محصولات کشاورزی، کالاهای صنعتی، صنایع تبدیلی و خدمات را از نقطه نظر مصرف آب شناسایی نمود. این اطلاعات، آنگاه می‌تواند مبنای تدوین الگوی کشت و برنامه‌ریزی‌های آمایشی گردد. با این اقدام، تولید محصولات به مناطقی سپرده می‌شود که آب کمتری مصرف می‌کنند. از این طریق در مصرف منابع آب کشور صرفه‌جویی جدی به عمل خواهد آمد. شکل (۷)، مقایسه‌ای اجمالی میان پنج استان کشور برای تولید محصول گندم ارائه داده است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). بر اساس این شکل و در میان ۵ استان مقایسه شده، قزوین بهترین و خوزستان بدترین محل کاشت گندم از نقطه نظر آب می‌باشند.

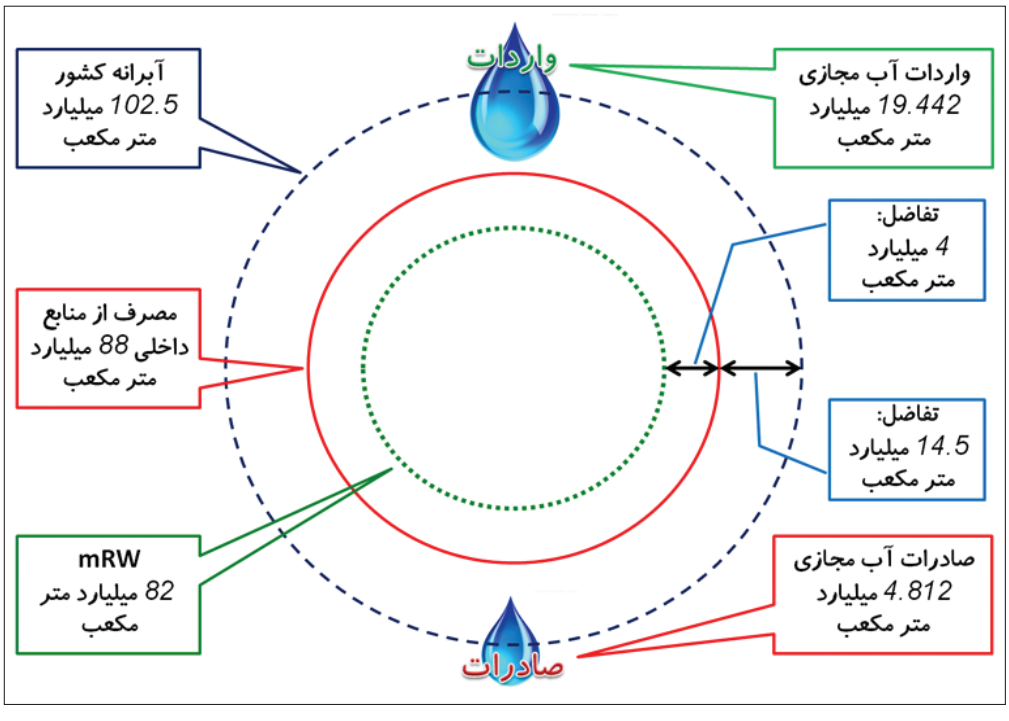


شکل ۷ – آب مجازی گندم در پنج استان کشور پنج استان کشور

نقش آب مجازی در پایداری منابع آب کشور:

متوسط آبرانه کشور (صرفاً با احتساب تجارت آب مجازی برای محصولات کشاورزی) طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ میلادی برابر با ۱۰۲/۵ میلیارد متر مکعب برآورد شده؛ و طی همین سال‌ها، متوسط تفاضل واردات و صادرات آب مجازی به کشور، تقریباً برابر با ۱۴/۵ میلیارد متر مکعب بوده است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین، متوسط میزان مصرف از منابع داخلی کشور سالانه حدود ۸۸ میلیارد متر مکعب طی سال‌های مذکور برآورد می‌گردد. برای آن سال‌ها، این عدد از میزان آب تجدیدپذیر مدیریت شده بیشتر بوده و همین موضوع کسری مخزن سالانه در حدود ۶ میلیارد متر مکعبی کشور در آن سال‌ها را توجیه می‌نماید. این مشکل در اثر فشارهایی نظیر افزایش جمعیت، تغییر اقلیم و بروز خشکسالی‌های متواتر و شدید، ابعاد وخیم‌تری یافته و باعث افزایش کسری مخزن تا حد سالانه ۹ میلیارد متر مکعب گشته است. مفهوم آب مجازی برای حل این مشکل راهنمایی‌هایی ارزنده ارائه می‌نماید. شکل (۸) به وضوح عدم تعادل منابع و مصارف آب کشور را نشان می‌دهد. در این شکل، سه دایره هم‌مرکز به ترتیب از داخل به بیرون عبارتند از: «آب تجدیدپذیر تحت مدیریت» که بر اساس اطلاعات بانک داده‌ی AquaStat (FAO، ۲۰۱۱) معادل ۸۲ میلیارد متر مکعب برآورد شده است؛ «مصرف از منابع داخلی» که بر اساس آنچه در سطور بالا گفته شد معادل ۸۸ میلیارد متر مکعب برآورد شده است؛ و «مجموع آبرانه کشور» که باز هم بر اساس پژوهش احسانی و همکاران (۱۳۸۷) معادل ۱۰۲/۵ میلیارد متر مکعب برآورد گردیده است. البته اعداد مذکور در شکل بر مبنای داده‌های دهه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی تعیین شده‌اند.

راهکار صحیح و پایدار آن است که مصارف از منابع داخلی تجاوز ننماید. برای این امر فقط و فقط دو راه حل پیش روی داریم: ۱- کاهش مصارف آبی کشور؛ و ۲- افزایش تراز واردات آب مجازی به نسبت تراز صادرات آن. ناگفته پیدا است که راه حل اول مناسب شرایط کشور نیست. البته با برنامه ریزی درست، ارزش‌گذاری مناسب برای آب و توجیه مردم شاید بتوان آبرانه (یا سرانه مصرف آب آبی و آب مجازی) را کاهش داد. بنابر این، باید کوشش جدی شود تا راه حل دوم در مدیریت منابع آب کشور جایگاهی درخور یابد. امروزه با توجه به شدت یافتن بحران منابع آب در بسیاری از دشت‌ها، عرصه‌ی آب کشور نیازمند مدیریتی فرا بخشی، مشارکت مدار و آمایشی است که با توجه همزمان به اولویت‌های محلی و راهبردهای ملی، این عرصه را سامان بخشد. مسلماً چنین مدیریتی از ابزار آب مجازی استفاده شایسته خواهد نمود.



شکل ۸ – تراز نامه منابع– مصارف آب کشور (بر اساس داده های سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی)

کاربرد عملی آب مجازی در مدیریت منابع آب با چالش‌های متعددی از سطوح «استراتژیک و ملی» تا «کاربردی و محلی» روبرو است. تغییر سیاست «خودکفایی کشاورزی» و قبول نقش روابط مطمئن و پایدار با همسایگان و شرکاء تجاری در تأمین «امنیت غذایی» کشور باید در سیاست‌های کلان به وضوح تبیین و به سایر سطوح ابلاغ گردد. بدیهی است که از ظرفیت تولید کشاورزی کشور باید پاسداری گردد، اما این هرگز به معنی خودکفایی کشاورزی نیست.

اما بزرگ‌ترین مشکل، نبود اطلاعات لازم برای محاسبه تبادلات آب مجازی است. برای انجام محاسبات هم مقدار محصولات و کالاهای تبادل شده و هم آب مجازی هر محصول مورد نیاز است. شوربختانه، بارنامه‌های مبادلات تجاری نیز صرفاً در پایانه مبداء مبادله ثبت می‌شوند؛ و لذا: اولاً مقصد مسجل نیست و ثانیاً برای بدست آوردن اطلاعات بار ورودی به هر نقطه از کشور، بایستی تمامی بارنامه‌های صادره از سراسر کشور گردآوری و پردازش شوند. متأسفانه، تاکنون در ایران برای سنجش و تعیین آب مجازی محصولات و کالاها پژوهش صورت نگرفته است. مقالات ارائه شده عمدتاً مبتنی بر آمار کلی و غیر دقیق بوده است. در واقع، از شروع تولید یک محصول تا عرضه آن به بازار مراحل متنوع زیادی طی می‌شود ودر هر مرحله از تولید، به فراخور نیاز، ممکن است آب به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم به کار رفته شده باشد. در این صورت محاسبه آب مجازی محصول نهایی، قاعدتاً نیازمند سنجش و دقت در تمامی فرآیندها خواهد بود.

نشر گزارش‌های تجارت آب مجازی در سطح بین‌المللی بر پایه آمار و اطلاعات کلی، بیشتر برای معرفی مفهوم آب مجازی و ترویج کاربرد آن بوده و نه به منظور دخالت در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی. تکرار مطالعاتی مشابه آنچه در سطح بین‌المللی انجام شده، اگر صرفاً برای افزایش آگاهی باشد، ارزشمند است؛ و البته به اندازه کافی انجام شده است. اکنون، زمان آن فرا رسیده تا با عبور از مطالعات کلی و رهنما به پژوهش‌های دقیق و رهگشا پرداخته شود. بدین منظور، با عزمی ملی باید نسبت به فراهم نمودن داده‌های کافی و دقیق اقدام شود تا بستر لازم برای دخالت دادن آب مجازی در مدیریت منابع آب مهیا گردد.

مطالعات آب مجازی با اهداف مختلفی به انجام می‌رسند. Hoek-stra و همکاران (۲۰۰۹)، اهداف این مطالعات را به شرح زیر دسته‌بندی کرده‌اند: ۱- بالا بردن آگاهی عموم/کارشناسان/ مسئولین؛ ۲- شناسایی نقاط حساس و کلیدی تأثیرگذار بر برنامه‌های تخصیص آب و هشدار به مسئولین؛ ۳- سیاست‌گذاری و تدوین قواعد برای کاهش آبرانه؛ و ۴- تنظیم دقیق و کمّی برنامه عمل برای دستیابی به پایداری منابع آب. دسترسی به هریک از این اهداف منوط به وجود داده‌ها و اطلاعات خاص و معین می‌باشد. مثلا برای رسیدن به هدف اول: مقیاس سالانه، یافته‌های جهانی، و داده‌هایی برگرفته از بانک‌های داده/ اطلاعات سازمان‌های ملی و بین‌المللی کافی است. ولی برای هدف دوم: داده‌های دقیق‌تر محلی و ملی، با مقیاس ماهانه مورد نیاز است. در حال حاضر با توجه به نبود بسیاری از داده‌های لازم و نیز با عنایت به عدم کفایت داده‌های موجود، انجام هر گونه مطالعات با اهداف دوم، سوم و چهارم دچار موانعی جدی و تقریباً غیر ممکن است.

جمع بندی

مفهوم آب تجدیدپذیر و کاربرد صحیح آن می‌تواند به مدیریت منابع آب کشور کمک شایانی نماید. زیرا در شرایط حاضر نقش تجارت آب مجازی در کاهش فشار بر روی منابع آب بی بدیل است. اما در این راه با مشکلات متعدد، بویژه نبود آمار و اطلاعات لازم مواجه هستیم. از آنجاکه دست‌یابی به سطوح مطلوب برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و نیز تخصیص شایسته این منابع ذی‌قیمت و یکتا، امکان پذیر نخواهد بود مگر داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز فراهم شود؛ لازم است تا بدون فوت وقت این مهم سامان یابد.

در این راه به عنوان اولین گام‌ها موارد زیر پیشنهاد می‌گردند. تشویق پژوهش‌های مستند برای ارزیابی آب مورد نیاز فرآیندهای تولید در کشاورزی و صنعت اولین کاری است که بایستی صورت پذیرد. علاوه بر این، برای مطالعه آب مجازی در کشور و شناسایی مزیت‌های زراعی/ باغی هر استان، ثبت مبادلات (بارنامه‌ها) ورودی و خروجی بایستی به طور اساسی متحول شده و ارتقاء یابد. حداقل انتظار در این مورد ثبت مدون و دقیق بارنامه‌ها هم در مبداء و هم در مقصد است.

پی نوشت

1- Foot Print

منابع

احسانی، م. خالدی، ه. و برقی، ی. ۱۳۸۷. مقدمه‌ی بر آب مجازی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

اردکانیان، ر. و سهرابی، ر. ۱۳۸۵. تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

باغستانی، ع. مهرابی، ح. زارع، م. و شرافتمند، ح. ۱۳۸۹. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران. نشریه تحقیقات منابع آب ایران، سال ششم، شماره۱: ۱۵-۲۰.

طالبی، ف. ولایتی، س. داوری، ک. ثنایی نژاد، ح. حسینی، ع. ۱۳۹۰. تأثیر آب برگشتی در برآورد آب تجدیدپذیر، مطالعه موردی: استان خراسان رضوی. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

عربی ا. علیزاده ا. و محمدیان ف. ۱۳۸۷. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۴): ۱-۱۵.

Arabi A., Alizadeh A., Vahab Rajaee N., Jam K., and Niknia N. 2012. Agricultural Water Foot Print and Virtual Water Budget in Iran Related to the Consumption of Crop Products by Conserving Irrigation Efficiency. Journal of Water Resource and Protection, 4: 318-324.

FAO. 2011. AQUASTAT database, (Source: FAO-AQUASTAT database, accessed in 10 september 2012). Available at http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

Hoekstra A.Y. 2003. Virtual water: An introduction. In: Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water, Research Report Series. 12: 13- 23.

Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M., and Mekonnen M. M. 2009. Water Footprint Manual. Water Footprint Network Enschede. Netherlands.

Lenzen M., Bhaduri A., Moran D., Kanemoto K., Bekchanov M., Geschke A., and Foran B. 2012. The role of scarcity in global virtual water flows. ZEF-Discussion Papers on Development Policy. 169: 1436-9931.