



بررسی اقتصادی راهکارهای مقابله با بحران آب با رویکرد آب مجازی (اقتصاد آب در کشاورزی، شرب و صنعت)

عبدالرضا خلیلی (مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، [Email: modir@abfamarkazi.ir](mailto:modir@abfamarkazi.ir))

محمد محبی (مدیر دفتر فنی، [Email: mohammad200253@yahoo.com](mailto:mohammad200253@yahoo.com))

فریده عاشوری (کارشناس دفتر فنی، [Email: f_ashoori79@yahoo.com](mailto:f_ashoori79@yahoo.com))

چکیده

مدیریت صحیح و متناسب با منابع طبیعی موجود، ضرورتی مهم برای رسیدن به توسعه پایدار است. ایران به عنوان یک کشور دارای تنش آبی زیاد با سرانه مصرف آبی حدود دو برابر جهان است. مفهوم آب مجازی به عنوان یک ابزار اقتصادی توانمند برای تخفیف مشکلات مربوط به کمبود آب در سطح اقتصادهای ملی مطرح گردید. آب مجازی آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده طی فرایند تولید مصرف می کند تا به مرحله تکامل برسد. مبادله آب مجازی می تواند به عنوان ابزاری برای ارتقاء کارایی مصرف آب در سطح جهانی، دستیابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر آبی و برطرف کردن محدودیتهای محیطی با تعیین محللهای مناسب برای تولید، استفاده شود. از سوی دیگر افزایش تولید و صادرات محصولات پرمصرف آبی با بهره وری و ارزش اقتصادی کم در بازار بین المللی و وارد کردن محصولات کم مصرف سیاستی زیان آور برای آینده منابع آب و امنیت بلندمدت مواد غذایی در ایران خواهد بود. در این تحقیق با استفاده از آمارهای سازمان جهانی غذا و انرژی مقدار مصرف آب مجازی و مبادلات آن در کشور از نظر تاثیر بر کمیت آب و از نظر اقتصادی بررسی شده و راهکارهایی برای بهبود وضعیت ارائه شده است.

واژه های کلیدی: آب مجازی، اقتصاد، صادرات، کشاورزی، واردات

مقدمه

مدیریت صحیح و متناسب با منابع طبیعی موجود ضرورتی مهم برای رسیدن به توسعه پایدار است. در میان همه منابع طبیعی، آب شیرین از اصلی ترین منابعی است که باید به آن اهمیت ویژه داد. بسیاری از کشورها به دلیل بهره برداری از آب فسیلی تجدید ناپذیر خود به منظور رفع فشار فوری ناشی از تنش آبی سبب تهی کردن ذخایر و منابع آب، تضعیف توسعه اقتصادی و کاهش امنیت بلند مدت غذایی خود شده اند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

کل آب موجود در زمین ۱۳۸۶ میلیون کیلومتر مکعب است که حدود ۱۳۵۰۹۷۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آن آبهای شور و ۳۵۰۳۰۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آن آب شیرین است. به بیان دیگر ۱۳۳۸ میلیون کیلومتر مکعب آب اقیانوسها، ۱۲۹۰۰ کیلومتر مکعب آب اتمسفری، ۱۱۶۳۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آبهای سطحی، ۲۳۴۰۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آب زیرزمینی (۱۲۸۷۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آب زیرزمینی شور و ۱۰۵۳۰۰۰۰ کیلومتر مکعب آب زیرزمینی شیرین می باشد)، ۲۴۰۶۴۰۰۰ کیلومتر مکعب حجم یخچالها، ۱۰۲۵۰۰ کیلومتر مکعب حجم دریاچه ها و ۲۱۲۰ کیلومتر مکعب آب رودخانه ها می باشد. بنابراین کل آبهای شیرین قابل دسترس ۰/۸ درصد از کل آب جهان است.

به دلیل پایین بودن ریزش های جوی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی آن در ایران، این کشور در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود. با وجود این شرایط رشد سریع جمعیت دهه های گذشته به همراه گسترش شهرنشینی باعث افزایش تقاضای آب از منابع محدود کشور شده است. به طوری که در حال حاضر حدود ۶۹ درصد کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می گیرد که در قیاس با سایر کشورهای جهان بسیار زیاد به نظر می رسد. علاوه بر اینها فرایند تغییر اقلیم نیز باعث شده تا امروز تامین آب یکی از بزرگترین و مهم ترین چالشهای پیش روی انسان باشد. به ویژه در مناطق خشک کمبود گسترده و شدید آب زندگی بسیاری را در معرض تهدیدات قرار داده و افزایش روزافزون جمعیت باعث حادتر شدن این مشکل شده است (نژاد شاملو و همکاران، ۱۳۸۸).

از آنجا که طبق آمارها بیشتر مصارف آب در بخش کشاورزی می باشد، اصطلاحی به عنوان آب مجازی تعریف می شود. اصطلاح آب مجازی^۱ اولین بار توسط پروفیسور جان آنتونی آلن به منظور اشاره به مقدار آب موجود و قابل دسترس در سیستم جهانی از طریق مبادله کالاهای کشاورزی ارائه گردید (آلن، ۱۹۹۷). بنا به تعریف آب مجازی به آبی گفته می شود که برای تولید کالا یا خدمات یا محصولات در یک کشور یا منطقه مصرف و آن کالا به مقصد دیگری یا کشور دیگری صادر می گردد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان می باشد. صفت مجازی در این تعریف به این معناست که بخش عمده آب مصرف شده طی فرایند تولید در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد و در حقیقت بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به عنوان آب واقعی در ساخت محصول باقی خواهد ماند. بنابراین صفت مجازی به معنای غیرواقعی نیست بلکه آب مجازی آب کاملاً واقعی است که با ورود کالا یا محصول به یک کشور در اصل به آن کشور صادر گردیده است.

مفهوم آب مجازی به عنوان یک ابزار اقتصادی توانمند برای تخفیف مشکلات مربوط به کمبود آب در سطح اقتصادهای ملی مطرح گردید. بعدها تعدادی از محققان به طریق مشابه استدلال کردند که مناطق دارای کمبود آب می توانند با وارد کردن محصولاتی که دارای میزان آب مجازی بالایی هستند و صادر کردن

^۱ Virtual water

محصولاتی که میزان آب مجازی بسیار کمی دارند به سطوح بالایی از کارایی مصرف آب در سطح جهانی دست یابند. بر این اساس کشورهای وارد کننده علاوه بر کالاها آب مصرفی که برای تولید این محصولات از منابع داخلی مورد نیاز بوده است را ذخیره می نمایند (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۵).

هوکسترا و هانگ اظهار نمودند که کل مصرف آب در داخل یک کشور به تنهایی معیار درستی از برداشت واقعی آب آن کشور از منابع جهانی نیست. در واقع حجم آب مجازی وارداتی باید به کل مصرف آب داخلی افزوده شود و حجم آب مجازی صادر شده باید از حجم مصرف آب داخلی کم شود تا تصویر درستی از نیاز واقعی یک کشور به منابع آب جهانی ترسیم گردد. آنها مجموع واردات خالص آب مجازی و مصرف آب داخلی را تحت عنوان فوت پرینت آب یک کشور معرفی می کنند (هوکسترا و یانگ، ۲۰۰۲). در حال حاضر فوت پرینت آب در ایران ۱۸۶۶ مترمکعب در سال بازای هر نفر می باشد که ۱۷/۹٪ آن از کشور خارج می شود. فوت پرینت جهانی آب در دنیا ۱۳۸۵ مترمکعب در سال بازای هر نفر می باشد.

مبادله آب مجازی داخل کشورها، بین کشورها و حتی قاره ها می تواند به عنوان ابزاری برای ارتقاء کارایی مصرف آب در سطح جهانی، دستیابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر آبی و برطرف کردن محدودیتهای محیطی با تعیین محلهای مناسب برای تولید، استفاده شود (تورتن، ۱۹۹۹). با به حساب آوردن حجم آب مجازی مندرج در واردات مواد غذایی در کشورهای دچار کمبود آب رابطه نزدیکی بین بر خورداری از آب و وابستگی به واردات مواد غذایی آشکار می گردد. از این رو واردات مواد غذایی را می توان از شاخصهای قوی در تعیین سطح کم آبی کشورها به حساب آورد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

مواد و روش ها

در این تحقیق از آخرین آمارهای اعلام شده در سال ۲۰۱۳ میلادی توسط سازمان جهانی غذا و کشاورزی (فائو) در سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ میلادی معادل با ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ شمسی استفاده شده است. بر این اساس میزان تولید هر محصول عمده، صادرات و واردات آن در طی ۵ سال گردآوری و میانگین گرفته شد. میانگین هزینه اعلام شده برای هر بخش تولید، صادرات و واردات نیز که توسط سازمان فائو اعلام شده بود بر حسب دلار محاسبه گردید. نرخ تبدیل دلار به ریال مبلغ ۲۶۵۰۰ ریال بر اساس قیمت دلار در بودجه سال ۱۳۹۳ در نظر گرفته شده است. میزان مصرف آب برای واحد هر محصول بر اساس مطالعات قبلی انجام شده در نظر گرفته شد و برای کل محصولات تولیدی، صادراتی و وارداتی محاسبه شد سپس قیمت آن بر اساس قیمت تمام شده آب در حال حاضر به میزان ۷۰۰۰ ریال برای هر مترمکعب (اعلام شده توسط وزارت نیرو) تعیین شد. پس از محاسبه میزان آب مصرفی (آب مجازی) تولید، صادرات و واردات هر محصول و محاسبه هزینه مربوط به آن با میانگین هزینه اعلام شده توسط سازمان فائو مقایسه و تحلیل گردید که در بخشهای بعد ارایه شده است. در این تحقیق همچنین فوت پرینت آب و مبادلات آب مجازی ایران طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ میلادی مطابق با ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ شمسی از گزارش یونسکو استخراج و استفاده شده است. میزان

ذخیره منابع آبی با استفاده از تجارت محصولات کشاورزی از گزارش هوکسترا و مکونن در سال ۲۰۱۱ (۱۳۹۰ شمسی) استخراج شده است.

نتایج و بحث

وضعیت آب در ایران و منطقه و جهان

سازمانهای بین المللی و از جمله کمیسیون ملی توسعه پایدار به طور کلی و حسب گزارشها، ملل مختلف جهان را از نظر میزان منابع آب تجدیدشونده و تواناییهای آن ها برای تجهیز منابع مالی به چهار دسته مشخص زیر تقسیم بندی کرده است:

- کشورهای با درآمد سرانه بالا و تنش آبی کم
- کشورهای با درآمد سرانه بالا و تنش آبی زیاد
- کشورهای با درآمد سرانه کم و تنش آبی کم
- کشورهای با درآمد سرانه کم و تنش آبی زیاد

افزایش جمعیت از یک طرف و کاهش سرانه مصرف آب شیرین از طرف دیگر شرایطی را فراهم کرده است که منابع آب شیرین از یک منبع تجدیدشونده به یک منبع نیمه تجدیدشونده و میرا تبدیل شود.

میزان بارندگی در ایران ۲۵۱ میلی متر، در آسیا ۶۴۵ میلی متر و در کل دنیا ۷۵۰ میلی متر است این در حالی است که سرانه مصرف روزانه آب شرب و بهداشتی در ایران ۲۵۰ لیتر، در آسیا ۲۷۸ لیتر و در جهان ۱۳۰ لیتر می باشد. یعنی مصرف سرانه ایران تقریباً ۲ برابر مصرف سرانه کل دنیا و میزان بارندگی آن یک سوم بارندگی جهان است. شکل ۱ این مطلب را به وضوح نشان می دهد.



شکل ۱- مقایسه میزان مصرف سرانه و بارندگی در جهان، آسیا و ایران

مقدار مصرف سرانه آب لوله کشی آشامیدنی در شهرهای ایران در حدود ۱۴۲ متر مکعب در سال است که از مصرف سرانه برخی کشورهای اروپایی پُر آب، مانند اتریش (۱۰۸ مترمکعب در سال) و بلژیک (۱۰۵ مترمکعب در سال) بیشتر است.

میزان مصرف آب در ایران، آسیا و جهان بر اساس آمارهای سازمان جهانی غذا و کشاورزی (فائو) در سال ۲۰۱۱ میلادی مطابق با ۱۳۹۰ شمسی در جدول ۱ آمده است. بخش عمده مصرف آب در بخش کشاورزی می باشد.

جدول ۱- میزان مصارف آب بر حسب درصد

کشورهای جهان	متوسط آسیا	ایران	
کشاورزی %	۸۶	۹۲	۶۹
مصرف خانگی %	۸	۷	۸
میزان مصرف صنعت %	۶	۱	۲۳

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده میانگین آب مصرفی سرانه جهان (صنعتی، کشاورزی و آشامیدنی) در حدود ۵۶۲ مترمکعب برای هر نفر در سال است. متأسفانه این رقم در ایران با کمبود منابع آب، ۱۳۰۶ متر مکعب در سال است. این امر بیانگر اتلاف منابع آب و اسراف بیش از حد منابع حیاتی است.

وضعیت آب در ایران

ایران در قسمت خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. این کشور با میانگین منابع آب تجدیدپذیر معادل ۱۳۰ میلیارد مترمکعب در سال از توزیع نامتوازن بارندگی برخوردار است. برخی محققان، ایران را کشوری به شمار آورده اند که بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی وارد فهرست کشورهای دارای کسری آب شده و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال خواهد داشت (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲). سرانه آب شیرین در دسترس از سال ۱۳۷۵ به میزان ۲۱۱۰ مترمکعب، در سال ۱۳۸۰ معادل ۱۹۴۰ مترمکعب و در سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب معادل ۱۸۲۰ و ۱۷۲۰ مترمکعب بوده است که روند کاهشی داشته است (فائو، ۲۰۱۱). اسماکتین و همکاران تنش آبی را به صورت استفاده انسان از منابع آب تجدیدپذیر بعد از کسر نیازهای زیست محیطی از کل منابع آب تعریف می کنند. این محققان ایران را به عنوان یک کشور دارای تنش آبی زیاد معرفی می کنند (اسماکتین و همکاران، ۲۰۰۴). آلکامو و همکاران دریافتند که براساس شاخص نسبت بحرانی شدن^۲ (CR) یعنی میزان برداشت به میزان دسترسی به آب، ایران دارای CR بیشتر از ۰/۸ خواهد بود و در سال ۲۰۲۵ در گروه کشورهای دچار تنش آبی شدید قرار خواهد گرفت (آلکامو و همکاران، ۲۰۰۰).

از آنجا که تولید مواد غذایی مورد نیاز مردم ایران صرفاً تحت شرایط دیم کافی نیست، بیش از ۹۰ درصد مواد خام کشاورزی از اراضی آبی (فاریاب) تولید می شود که منجر به برداشت مقدار قابل توجهی آب از منابع سطحی و زیرزمینی شده است. برای مثال پیش بینی شده برای تامین ۱۰۰ میلیون تن مواد غذایی برای تغذیه جمعیت ایران در سال ۱۴۰۰ مصرف آب باید به ۱۵۰ میلیارد مترمکعب برسد که ۱۵ درصد بیشتر از کل منابع آب شیرین تجدیدپذیر بالقوه در کشور است (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۵).

² Critical Ratio (CR)

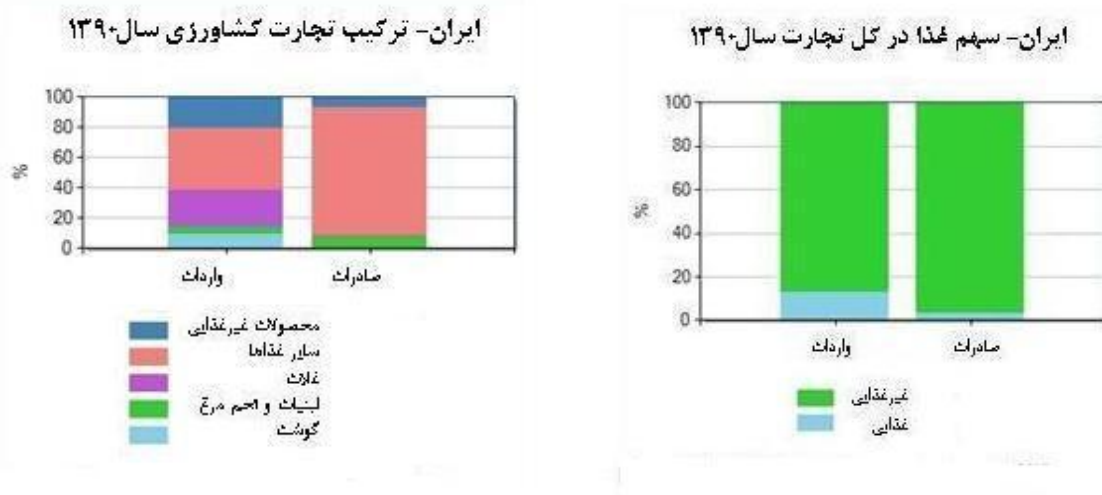
جدول ۲- مقدار استفاده از آب در ایران

حجم در سال (کیلومتر مکعب)			
۱۳۸۵	۱۳۸۰	۱۳۷۵	
۸۶	۸۳/۷۵	۷۶	کشاورزی
۶/۲	۴/۹۲	۶	مصرف خانگی
۱/۱	۱/۰۲	۱	صنعت
۹۳/۳	۸۹/۷	۸۳	مجموع

وضعیت تولید، واردات و صادرات در بخش کشاورزی

کشور ایران با مساحت ۱۷۴۵۱۵ هزار هکتار مساحت، شامل حدود ۴۸۹۷۵ هزار هکتار زمین کشاورزی و ۱۱۰۷۵ هزار هکتار مناطق جنگلی و ۱۶۲۸۵۵ هزار هکتار زمینهای بایر می باشد. به عبارت دیگر از کل مساحت ایران ۶/۸ درصد جنگلها، ۱۱/۹۳ درصد زمینهای کشاورزی و ۸۱/۲۷ درصد را زمینهای بایر تشکیل داده است (فائو، ۲۰۱۱).

بخش کشاورزی نقش حیاتی در اقتصاد ملی ایران دارد؛ به طوریکه حدود ۱۸٪ تولید ناخالص ملی، ۲۵٪ اشتغال، تامین بیش از ۸۵٪ غذای جامعه، ۲۵٪ صادرات غیر نفتی و ۹۰٪ مواد اولیه مورد مصرف در صنعت را کشاورزی فراهم می نماید. از طرفی بخش عمده تجارت ایران را محصولات کشاورزی تشکیل می دهد. میزان تجارت مواد غذایی و غیر غذایی و همچنین تجارت محصولات کشاورزی ایران بر اساس سازمان جهانی غذا و کشاورزی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- الف) تجارت مواد غذایی و غیر غذایی ب) تجارت محصولات کشاورزی بر اساس آمارهای فائو سال

دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهرکرد، شهریور ۱۳۹۳

بیشترین سهم تجارت غذایی ایران را واردات آن داشته است. هر چند صادرات محصولات کشاورزی و غذایی ایران نیز چشمگیر است اما در مقابل صادرات نفتی رقم بسیار کمی جلوه می کند. اما در میان محصولات کشاورزی بیشترین سهم را در واردات غلات، لبنیات و تخم مرغ، گوشت و سایر غذاها داشته اند که در صادرات تنها لبنیات و تخم مرغ سهم بسیار بالایی داشته اند.

تولیدات کشاورزی سهم بالایی را چه از نظر سرانه و چه از نظر هزینه در کشور دارا می باشند به طوری که این روند طی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ رشد داشته است. سرانه تولیدات کشاورزی در سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ رشد فزاینده ای داشته به طوری که از ۸۷ تن بازای هر نفر در روز با روند رشد ۳/۰۳ درصد به ۱۰۱ تن بازای هر نفر رسیده است. جدول ۳ سرانه تولیدات کشاورزی و ارزش آن را در طی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ نشان می دهد.

جدول ۳- سرانه تولیدات کشاورزی و ارزش آن از سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ بر اساس آمارهای فائو

۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۸۰	۱۳۷۵	واحد	
۲۶۸۸۱	۲۵۰۱۵	۲۰۰۸۹	۱۸۰۶۲	میلیون دلار	کل تولید کشاورزی
۱/۴۵		۴/۴۸	۲/۱۵	درصد	نرخ رشد تولیدات کشاورزی
۱۰۳	۱۰۱	۸۷	۸۵	تن بازای هر نفر در روز	سرانه تولیدات کشاورزی
۰/۳۹		۳/۰۳	۰/۴۷	درصد	نرخ رشد

در میان تولیدات کشاورزی گندم و غلات با مقادیر در صدر جدول تولید قرار دارند و دانه های روغنی با در میان محصولات عمده کمترین جایگاه را دارا می باشند. از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ تمام محصولات روند رشد افزایشی داشته اند در حالی که سال قبل و بعد این مقدار رو به کاهش گذاشته است. آمار سازمان جهانی فائو تا سال ۲۰۱۱ میلادی معادل سال ۱۳۹۰ شمسی که در سال ۲۰۱۳ میلادی منتشر شده است عمده محصولات تولیدی کشاورزی و تجارت عمده در این زمینه را به صورت جداول ۴ و ۵ ارائه می نماید.

جدول ۴- میزان تولیدات کشاورزی برخی محصولات عمده ایران براساس آمارهای فائو

درصد رشد سالیانه [%]			هزار تن				محصول
۱۳۸۵-۹۰	۱۳۸۰-۸۵	۱۳۷۵-۸۰	۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۸۰	۱۳۷۵	
-۱/۶۴	۹/۱۶	-۱/۱۴	۱۳۵۰۰	۱۴۶۶۴	۹۴۵۹	۱۰۰۱۵	گندم
-۲/۱۴	۸/۴۳	-۱/۴۵	۲۰۱۰۵	۲۲۴۰۷	۱۴۹۴۷	۱۶۰۸۳	غلات
۱/۲۲	۱۷/۲۷	-۰/۷۷	۲۳۸	۲۲۴	۱۰۱	۱۰۵	دانه های روغنی
۰/۳۶	۵/۴۶	-۳/۵۸	۲۱۸۹	۲۱۵۰	۱۶۴۸	۱۳۸۲	گوشت
-۳/۴۵	۵/۹۶	۰/۶۷	۴۳۰۵	۵۱۳۱	۳۴۹۸	۳۳۸۳	حبوبات درشت
-۲/۵۱	۵/۵۹	-۵/۸۱	۲۳۰۰	۲۶۱۲	۱۹۹۰	۲۶۸۵	برنج

دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهرکرد، شهریور ۱۳۹۳

جدول ۵- میزان صادرات و واردات کشاورزی برخی محصولات عمده ایران بر اساس آمارهای فائو

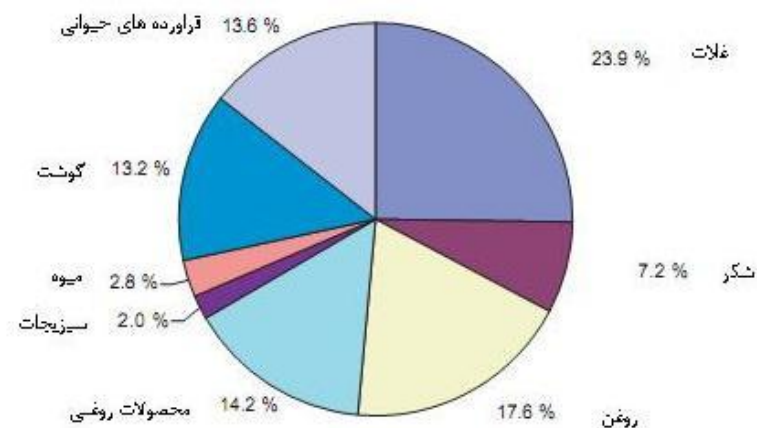
درصد رشد سالیانه [%]			هزار تن				محصول
۱۳۸۵-۹۰	۱۳۸۰-۸۵	۱۳۷۵-۸۰	۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۸۰	۱۳۷۵	
-	-	-	۴۵/۹	-	-	-	صادرات گندم
۵۲/۸۸	-۱/۸۳	-	۱۴۷	۱۷/۶	۱۹/۳	-	صادرات غلات
-۳۴/۰۲	۲۱/۶۷	-	۰/۱	۰/۸	۰/۳	-	صادرات برنج
-۱۷/۴	-۸/۲۵	-	۰/۵	۱/۳	۲	-	صادرات حبوبات درشت
۶/۵۵	۱۶/۱۲	۳۷/۷	۲۸/۷	۲۰/۹	۹/۹	۲	صادرات گوشت
۱/۷	-۱۲	۷/۷	۵۶۵۶/۲	۵۱۹۸/۱	۹۸۵۲	۶۸۰۰/۵	واردات غلات

نوسانات شدید در تولید به دلیل عدم یکنواختی بارندگی یکی از مشخصه های بارز ایران می باشد که برای ثبات و امنیت غذایی کشور مضر هستند. با توجه به سهم بزرگی که ایران در واردات دارد، نوسانات شدید تولید که منجر به تشدید نوسانات در واردات می گردد، می تواند بر ثبات بازار جهانی مواد غذایی نیز تاثیر بگذارد (موسوی، ۲۰۰۵).

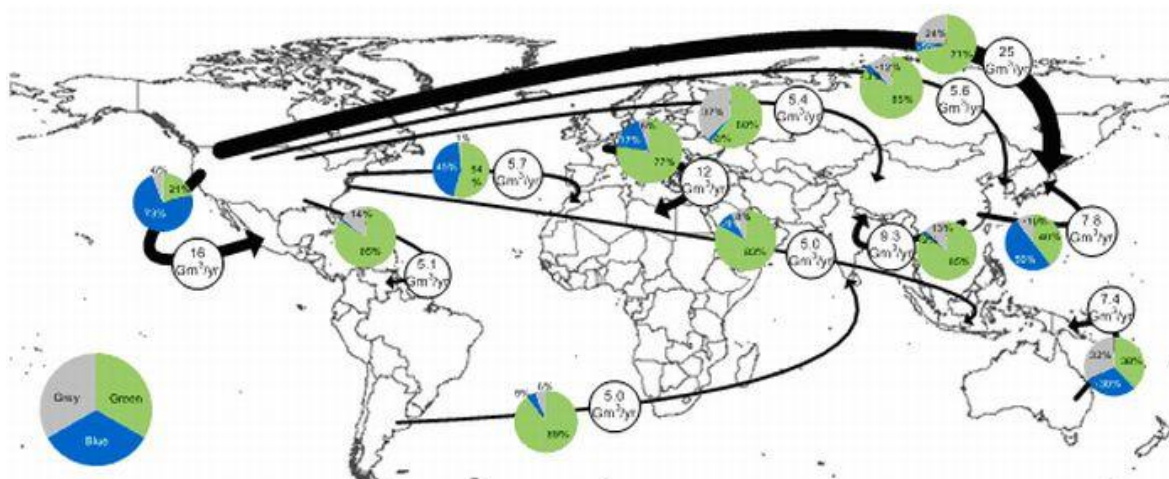
در ایران هرچند موفقیت در تولیدات داخلی غلات به ویژه در دهه گذشته چشمگیر بوده است اما احتمال آن نمی رود که با توجه به محدودیت رو به افزایش منابع آب بتواند همین روند را در آینده حفظ نماید. همچنین این باور وجود دارد که "کم آبی در آینده اساساً به دلیل استفاده بدون برنامه ریزی از آب و نه به دلیل کمبود آب خواهد بود" (موسوی، ۲۰۰۵).

آب مجازی در دنیا

مناطق عمده وارد کننده آب مجازی شامل مناطق آسیای جنوبی و مرکزی، غرب اروپا، آفریقای شمالی و خاور میانه می باشد. دلیل این امر آن است که این مناطق از نقطه نظر جمعیت بزرگترین مناطق هستند. آسیای جنوبی و مرکزی تقاضای غذای بالایی داشته و این امر دلیل اصلی است که کشورهای این مناطق بزرگترین وارد کننده آب مجازی هستند. بر اساس نظریه هوکسترا کشورهایی که از لحاظ جغرافیایی و سطح توسعه کاملاً به هم نزدیک می باشند می توانند بالانس تجارت آب مجازی متفاوتی داشته باشند. به عنوان نمونه در حالیکه کشورهای اروپایی نظیر بلژیک، آلمان، ایتالیا، هلند، و اسپانیا آب مجازی را در قالب محصولات زراعی وارد می نمایند، کشور فرانسه مقادیر زیادی آب مجازی صادر می نماید. شکل ۳ نموداری از تجارت آب مجازی محصولات عمده کشاورزی را در سطح جهانی نشان می دهد. شکل ۴ نیز نقشه میزان ذخیره منابع آبی با استفاده از تجارت محصولات کشاورزی را نشان می دهد که از گزارش هوکسترا و مکنون در سال ۲۰۱۱ استخراج شده است.



شکل ۳- تجارت جهانی آب مجازی در محصولات عمده کشاورزی و غذایی



شکل ۴- نقشه ذخیره منابع آبی (بیش از ۵ میلیارد مترمکعب در سال) با استفاده از تجارت بین المللی محصولات کشاورزی (سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ شمسی)

آب مجازی در ایران

گزارش یونسکو فوت پرینت آب و مبادلات آب مجازی ایران را طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ میلادی مطابق با ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ شمسی به صورت جداول ۶ و ۷ ارائه می کند. فوت پرینت آب، یا مقدار آب شیرین که برای تولید هر محصول استفاده می شود، برای هر محصول قابل محاسبه است. برای محاسبه آبی که در مراحل مختلف تولید مورد استفاده قرار می گیرد، دسته بندی صورت گرفته است: آب آبی مقدار آبی است که از منابع آبهای سطحی و زیر زمینی استفاده می شود و به مکان اصلی خود باز نمی گردد. آب سبز آب حاصل از بارش ها که در خاک ذخیره شده و در فرایند این تولید مورد استفاده قرار می گیرد و یا در فرایند این تولید تبخیر می شود. آب خاکستری آبی است که در فرایند تولید آلوده می شود.

دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهرکرد، شهریور ۱۳۹۳

جدول ۶- فوت پرینت آب در ایران بر حسب میلیون مترمکعب در سال

فوت پرینت آب	تولید محصولات کشاورزی	تولید صنعتی	تامین آب خانگی	کل
سبز	۴۳۰۲۷	-	-	۵۶۲۳۹
آبی	۳۹۸۲۳	۵۵	۶۲۰	۴۰۹۱۳
خاکستری	۸۸۲۶	۱۰۴۵	۵۵۸۰	۱۵۴۵۱

جدول ۷- مبادلات آب مجازی در ایران بر حسب میلیون مترمکعب در سال

	آب مجازی	محصولات کشاورزی	محصولات حیوانی	صنعت	واردات کل	صادرات کل	واردات خالص
							(واردات - صادرات)
واردات	سبز	۱۶۲۳۳/۳	۳۹۱/۷	-	۱۶۶۲۵	-	۱۴۳۱۰/۲
	آبی	۱۴۰۲/۷	۲۸/۴	۶۴/۶	۱۴۹۵/۷	-	-۳۱۹۵/۹
	خاکستری	۱۰۵۸/۵	۱۳/۷	۸۹۸/۷	۱۹۷۰/۹	-	۴۴۳/۷
صادرات	سبز	۱۹۰۲/۲	۴۱۲/۶	-	-	۲۳۱۴/۹	-
	آبی	۴۶۰۷/۱	۴۵/۶	۳۸/۹	-	۴۶۹۱/۶	-
	خاکستری	۷۶۴/۶	۱۵/۹	۷۴۶/۷	-	۱۵۲۷/۲	-

جداول ۶ و ۷ گویای این واقعیت است که بخش اعظم آب مجازی به بخش کشاورزی برمی گردد و اهمیت پرداختن به این مطلب را آشکار می سازد. ماده ۱۸ برنامه چهارم توسعه ایران توسعه بخش کشاورزی را مبنی بر خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی اساسی، امنیت غذایی، تولید اقتصادی و گسترش صادرات محصولات کشاورزی می داند. علیرغم وجود این سیاست، آسیب پذیری نسبت به تغییرات ناگهانی آب و هوا، جمعیت رو به افزایش کشور، تغییر کاربرد آب از بخش کشاورزی به بخشهای دیگر از جمله شرب و صنعت، آلودگی منابع آب، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و بهبود رژیمهای غذایی کشور را به سمت استفاده از راهکار آب مجازی سوق داده است. بر اساس آمارهای سازمان جهانی فائو غلات و دانه های روغنی به عنوان محصولات وارداتی اصلی کشور مطرح هستند. در مقابل خشکبار و خرما، حبوبات و میوه ها محصولات صادراتی عمده ایران را تشکیل داده اند. جدول ۸ مقادیر مصرف آب محصولات مختلف را به ازای هر کیلوگرم محصول ارائه می دهد.

جدول ۸- میزان مصرف آب محصولات مختلف

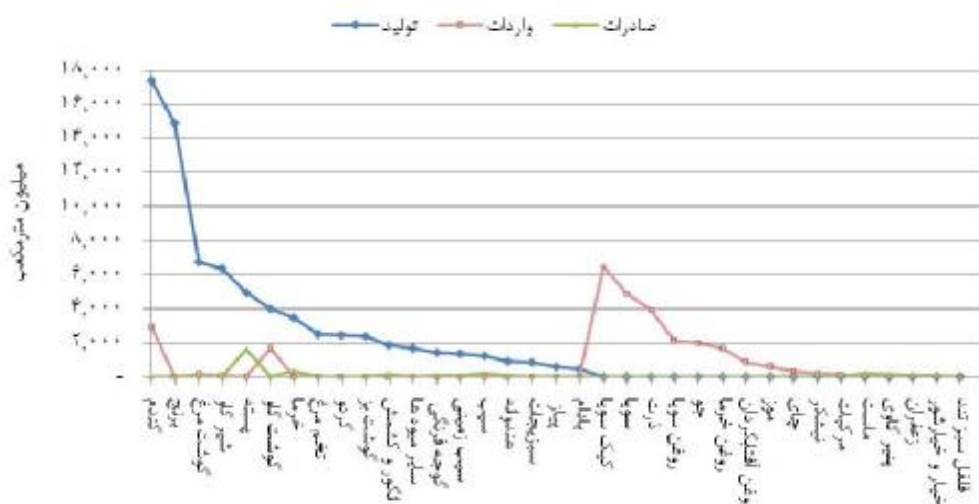
مصرف آب (مترمکعب)	محصول
۱/۳۵	گندم
۱/۲۵	مرکبات

دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، دانشگاه شهرکرد، شهریور ۱۳۹۳

مترمکعب بازای هر کیلوگرم	محصول
۴/۸۹	روغن آفتابگردان
۴	گوشت مرغ
۶	چای
۱	شیرگاو
۲/۵۸	جو
۰/۸۶	موز
۴/۸۹	سویا
۰/۱۹	شکر
۳/۲۲	روغن خرما
۱۵	گوشت گاو
۴/۸۹	روغن سویا
۴/۸۹	کیک سویا
۱/۰۳	ذرت

مقایسه کمی آب مجازی

بر اساس آمارهای جهانی فائو و جدول ۸ میزان آب مصرفی کل برای میانگین محصولات تولیدی عمده از سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ محاسبه و در شکل ۵ نشان داده شده است. در این میان میزان تولید محصول نیز ارتباط مستقیم با میزان مصرف آب دارد به طوری که گندم بیشترین میزان تولید و بادام کمترین مقدار را در موارد ذکر شده داشته اند.

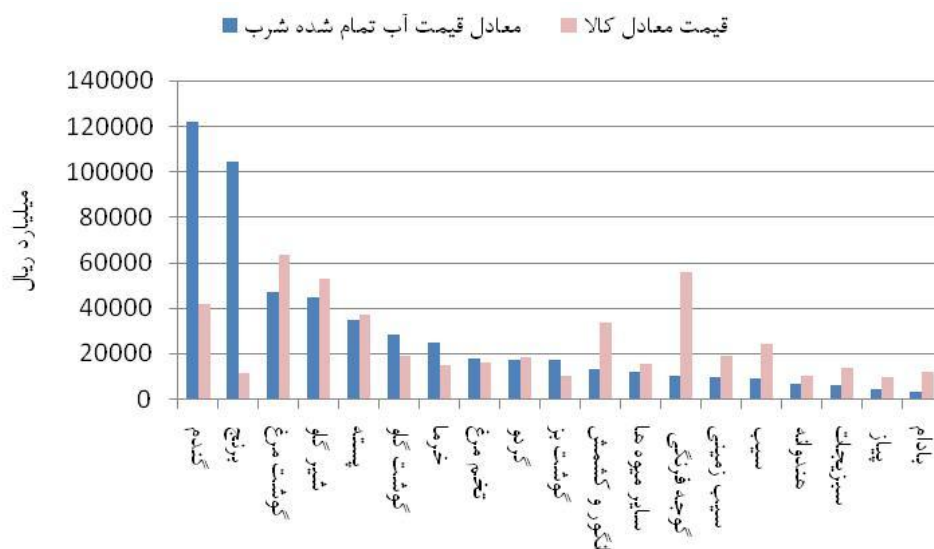


شکل ۵- میانگین مصرف آب در تولید، صادرات و واردات در سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰- سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) گزارش ۲۰۱۳

چنانچه در شکل ۵ مشاهده می شود، مقدار آب مصرف شده در تولید گندم و برنج بسیار بالاست. مقدار تولیدی هم به مصرف داخلی می رسد و هم مقداری از آن صادر می شود. با توجه به پر مصرف بودن این دو محصول خاص چه از نظر کاهش تلفات و اصلاح الگوی کشت و ... باید تمهیداتی در نظر گرفت.

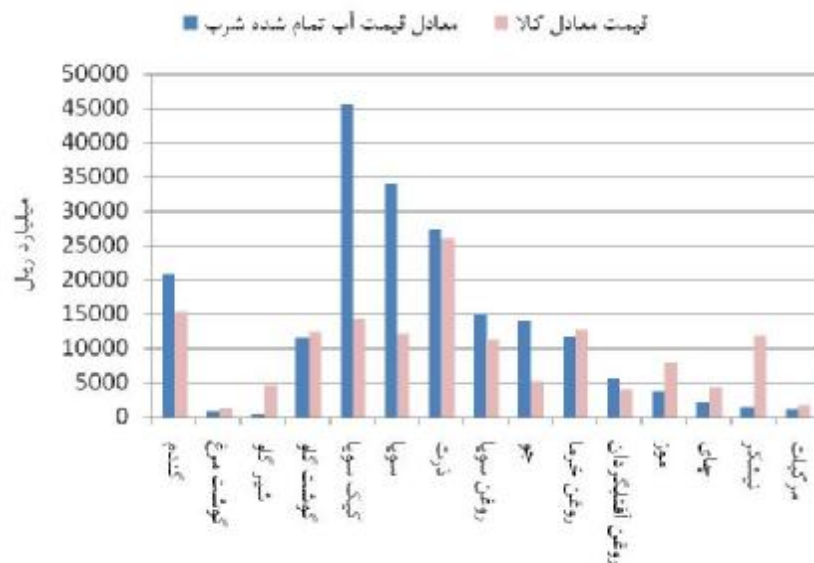
مقایسه اقتصادی آب مجازی

با در نظر گرفتن قیمت تمام شده آب در حال حاضر به میزان ۷۰۰۰ ریال و بر اساس آمارهای سازمان فائو پس از محاسبه میزان آب مصرفی (آب مجازی) تولید هر محصول در بخش قبل هزینه مربوط به آن نیز محاسبه گردید و در شکل ۶ نشان داده شده است. از طرفی هزینه تولید هر کالا بر اساس آمار سازمان فائو برای مقایسه آمده است. قیمت دلار مبلغ ۲۶۵۰۰ ریال بر اساس قیمت دلار در بودجه سال ۱۳۹۳ در نظر گرفته شده است.

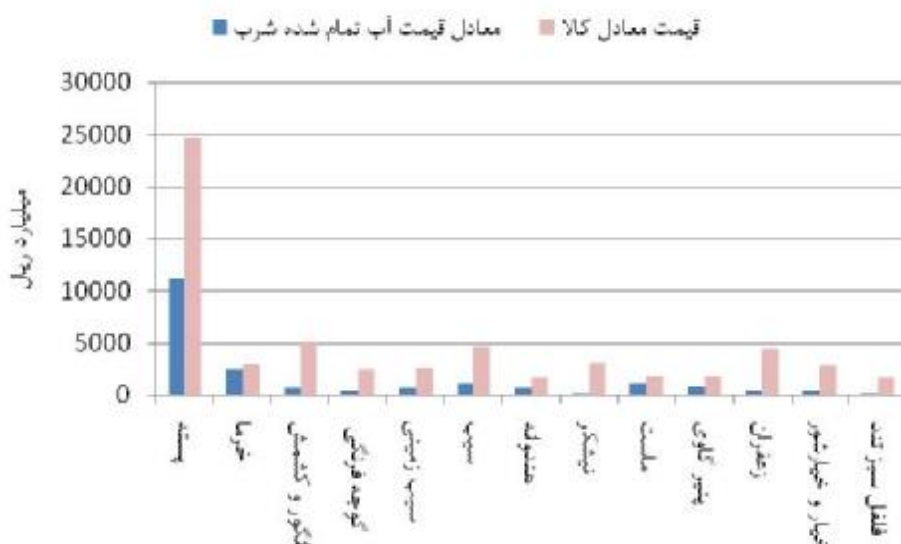


شکل ۶- تولید آب مجازی محصولات کشاورزی و غذایی تولیدی داخلی بر حسب قیمت تمام شده آب شرب بر اساس میانگین سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

شکل ۶ مشخص می سازد که تولید تمام محصولات کشاورزی در داخل کشور هر چند کشور را به خودکفایی می رساند اما از طرفی صرف رویکرد استفاده از تولیدات داخلی و قطع واردات نیز از نظر منابع آبی کشور ما را دچار مشکل می کند. زیرا هزینه آب مجازی مصرف شده برای اغلب محصولات پرمصرف بازار بیش از مقدار تولید شده است. به طور مثال برای تولید ۱۵ میلیون تن گندم مقدار ۱۷ میلیارد مترمکعب آب مصرف می شود که هزینه آن ۱۲۱ هزار میلیارد ریال است. در حال که قیمت خود محصول گندم ۴۱ هزار میلیارد ریال می باشد. معادل محاسبات انجام شده برای تولید آب، هزینه آب مجازی و هزینه و درآمد ناشی از صادرات و واردات در شکل‌های ۷ و ۸ آمده است.



شکل ۷- واردات آب مجازی بر حسب قیمت تمام شده آب شرب بر اساس میانگین سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰



شکل ۸- صادرات آب مجازی بر حسب قیمت تمام شده آب شرب بر اساس میانگین سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

با توجه به شکل‌های فوق می‌توان دریافت که با واردات محصولات پرمصرف تا چه میزان در هزینه‌های مربوط به آب صرفه جویی شده است. به طور مثال حدود ۴۵ هزار میلیارد هزینه آب مصرفی برای تولید کیک سویا می‌باشد در صورتی که با وارد کردن آن هزینه حدوداً معادل ۱۴ هزار میلیارد ریال پرداخت شده است که حدود یک سوم مبلغ معادل آب مجازی است.

در صادرات محصولات نیز علاوه بر در نظر گرفتن میزان تقاضا و بازار بایستی به میزان مصرف آب مجازی نیز توجه نمود. به عبات دیگر صادر کردن محصولات پرمصرف را کاهش و واردات محصولات را تا حد ممکن افزایش دهیم. به طور مثال هزینه آب مجازی برای محصول خرما حدود ۲۳۰۰ میلیارد ریال و درآمد کسب شده حدود ۲۸۰۰ میلیارد ریال می‌باشد که سود ناشی از صادرات آب مجازی مبلغ چشمگیری نبوده است.

تلفات آب و محصول در تولید محصولات کشاورزی

از آن جا که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب در زیر ساخت‌های مختلف اقتصادی کشور است تلفات عمده آب نیز به این بخش تعلق دارد. تحقیقات انجام شده بر روی بازده آبیاری مزارع تحت کشت محصولات مختلف توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی حاکی از آن است که در استانهای مختلف کشور بازده آبیاری بستگی به مدیریت مزرعه، روش آبیاری، نوبت آبیاری (مرحله رشد گیاه)، نوع گیاه داشته و مقدار آن بین ۲۴ تا ۵۵ درصد تغییر می‌نماید. با در نظر گرفتن بازده انتقال آب در مناطق مورد تحقیق بازده کل این مناطق بین ۱۵ تا ۳۶ درصد تغییر می‌نماید.

کارایی مصرف آب کشاورزی که به شکل ساده می‌توان آن را مقدار تولید در واحد آب مصرفی تعریف نمود وضعیت استفاده بهینه از آب را در تولید مشخص می‌نماید. کارایی مصرف آب را می‌توان با تولید بیشتر به ازای همان مقدار آب مصرفی، یا تخصیص آب به گیاهان با ارزش اقتصادی بالاتر، یا تخصیص آب از بعضی بخشهای کشاورزی به سایر بخشهای که ارزش افزوده آب بیشتر است، افزایش داد. در واقع بیشترین سهم در افزایش کارایی مصرف آب تنها از سیستم آبیاری مناسب نبوده و بلکه از افزایش عملکرد ناشی از مدیریت بهتر نیز منشاء می‌گیرد. در حال حاضر مقدار آن در کشور بطور متوسط $0/7$ کیلو گرم بر مترمکعب می‌باشد. کاهش تلفات آب از طریق کاهش ضایعات محصولات کشاورزی و به دنبال آن موضوع آب مجازی می‌باشد. در حال حاضر کارایی مصرف آب محصولات تولید شده بر اساس محاسبات کلان مصرف آب و تولیدات کشاورزی کشور به طور متوسط حدود $0/7$ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. این بدان معناست که برای تولید حدود $0/7$ کیلوگرم محصول کشاورزی یک متر مکعب آب مصرف و یا برای تولید یک کیلوگرم محصول حدود $1/5$ متر مکعب آب مصرف می‌شود و این در حالی است که برای تامین غذای جمعیت رو به رشد کشور باید تا سال ۱۴۰۰ عدد کارایی مصرف آب به $1/6$ کیلوگرم بر متر مکعب یعنی به بیش از دو برابر مقدار فعلی آن افزایش یابد.

روش دیگری که می‌توان با آن به مشکل کمبود آب در کشور و تولید محصولات کشاورزی فائق آمد و در اینجا شاید آن را «روش معکوس» بتوان نامید، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در مرحله یا چرخه مصرف آن می‌باشد. به عبارت دیگر کاهش ضایعات فقط در بعد کشاورزی نبوده؛ بلکه کمک به کاهش ضایعات آب نیز می‌نماید. در واقع در سطح کلان کشور به ازای جلوگیری از ضایعات هر کیلوگرم محصول، $1/5$ متر مکعب آب با کیفیت مناسب علاوه بر مصرف سایر نهاده‌های کشاورزی (نظیر کود، سم، علف کش و ...) صرفه جویی می‌گردد.

محدودیت منابع آب در کشور ضرورت و اهمیت توجه به بحث صرفه جویی و کاهش تلفات و ضایعات آب در کشور را مشخص می‌نماید. علاوه بر تمهیدات فنی که می‌توان در مرحله تولید (سیستم آبیاری) به منظور صرفه جویی در مصرف آب اعمال نمود، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی نیز یکی از راههای عملی، کم هزینه و موثر و در عین حال کم مخاطره می‌باشد. به هر حال این امر نیاز به سرمایه گذاری و امور زیربنایی در مواردی نظیر توسعه صنایع تبدیلی و ارتقاء تکنولوژی مسائل پس از برداشت محصولات زراعی و باغی دارد (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۲).

با توجه به برنامه های اخیر وزارت جهاد کشاورزی در زمینه توسعه سطح زیر کشت و خودکفایی در محصولات غذایی استراتژیک نظیر گندم، برنج، ذرت، دانه های روغنی، و شکر، تحقق این اهداف نیازمند منابع اضافی آب می باشد که این مقدار آب به راحتی از طریق کاهش ضایعات محصولات کشاورزی قابل تامین می باشد و امکان دیگری برای برداشت بیشتر از منابع آب فعلی وجود ندارد.

مصرف آب در صنایع

بر اساس مطالعاتی که در UNESCO-IHE انجام شده میزان بسیار بالایی از آب مجازی در تولیدات صنایع سنگین استفاده می شود. برای تولید اقلامی مانند ماشین، دوچرخه و سایر اقلام صنعتی مقدار مصرف آب بسیار بالا است. جدول ۷ بر اساس مراجع مختلف از جمله منزوی، کیا، آشفته، لینسلی، و .. میزان متوسط آب مصرفی در صنایع مختلف را نشان می دهد. در این جدول هزینه های استفاده از آب شیرین شده دریا به صورت ۰/۷ دلار به ازای هر مترمکعب و هر دلار معادل ۲۶۵۰۰ ریال (مقدار در نظر گرفته شده برای قیمت دلار برای بودجه سال ۱۳۹۳) محاسبه شده است. در حال حاضر قیمت تمام شده آب حدود ۷۰۰۰ ریال برای هر مترمکعب می باشد. بنابراین می توان هزینه معادل را حساب کرد. چنانچه مشاهده می شود هزینه آب شرب برای صنایع بسیار کمتر از هزینه شیرین کردن آب دریا می باشد اما در آینده با کمبود منابع آب و گرانتر شدن قیمت تمام شده آب مجبور به استفاده از آب دریا برای صنایع به ویژه صنایع آب بر مانند فولاد، خودروسازی، مواد شوینده، کاغذ سازی و .. خواهیم بود.

جدول ۹- آب مورد نیاز صنایع و هزینه های آب مصرفی از دریا و آب شرب

صنعت	آب مورد نیاز (مترمکعب بازای هر تن)	هزینه آب بازای قیمت آب تمام شده برای هر تن (ریال)	هزینه آب دریا بازای هر تن (ریال)
تولید کود شیمیایی	۶۰۰	۴۲۰۰۰۰۰	۱۱۱۳۰۰۰۰
خودرو	۴۰۰	۲۸۰۰۰۰۰	۷۴۲۰۰۰۰
سفید کننده	۳۹۰	۲۷۳۰۰۰۰	۷۲۳۴۵۰۰
فولاد	۳۰۰	۲۱۰۰۰۰۰	۵۵۶۵۰۰۰
کاغذ	۲۵۰	۱۷۵۰۰۰۰	۴۶۳۷۵۰۰
تولید آمونیاک	۱۷۰	۱۱۹۰۰۰۰	۳۱۵۳۵۰۰
پالایشگاه	۷۵	۵۲۵۰۰۰	۱۳۹۱۲۵۰
چرم سازی	۷۳	۵۱۱۰۰۰	۱۳۵۴۱۵۰
خمیر کاغذ	۷۱	۴۹۷۰۰۰	۱۳۱۷۰۵۰
پلاستیک سازی	۶۰	۴۲۰۰۰۰	۱۱۱۳۰۰۰
تهیه آهن	۵۰	۳۵۰۰۰۰	۹۲۷۵۰۰
رنگرزی	۲۶	۱۸۲۰۰۰	۴۸۲۳۰۰

صنعت	آب مورد نیاز (مترمکعب بازای هر تن)	هزینه آب بازای قیمت آب تمام شده برای هر تن (ریال)	هزینه آب دریا بازای هر تن (ریال)
کمپوت سازی	۲۴	۱۶۸۰۰۰	۴۴۵۲۰۰
بسته بندی گوشت	۲۳	۱۶۱۰۰۰	۴۲۶۶۵۰
ماشین سازی	۲۰	۱۴۰۰۰۰	۳۷۱۰۰۰

نتیجه گیری

افزایش بهره وری آب، به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی، آلودگی آب را تشدید می کند و از پتانسیل منابع آب کشور در زمینه آبهای شیرین می کاهد. همچنین با شدت گرفتن رقابت بر سر آب از سوی بخشهای دیگر مانند صنایع و شهرها انتظار می رود آب موجود برای کشاورزی در آینده کاهش یابد. از آنجا که مبادله مواد غذایی راهی برای توزیع مجدد منابع آب در میان مشارکت کنندگان مبادله است، مدیریت و سیاستهای واردات، صادرات و تولید محصولات کشاورزی باید مورد توجه ویژه ای قرار گیرد تا بتوان قابلیت اطمینان به منابع آب موجود و امنیت بلندمدت مواد غذایی را ارتقا بخشید.

افزایش تولید و صادرات محصولات پرمصرف آبی با بهره وری و ارزش اقتصادی کم در بازار بین المللی و وارد کردن محصولات کم مصرف سیاستی زیان آور برای آینده منابع آب و امنیت بلندمدت مواد غذایی در کشور کم آبی مانند ایران خواهد بود. انتخاب گزینه واردات آب مجازی به کشور نیاز به بررسیهای همه جانبه و عمیق داشته و محصولات هدف و مورد نظر در این استراتژی باید مشخص گردند.

به منظور افزایش کارایی مصرف آب بهتر است محصولاتی با بهره وری آب بیشتر به جای محصولات با بهره وری آب کمتر کاشته شوند و به این ترتیب آب برای تولیدات دارای ارزش اقتصادی بالاتر به ازای واحد آب مصرفی و نیز سایر مصارف ضروری داخلی ذخیره گردد. از طرفی باید به سیاستهای تولید و واردات غلات توجه بیشتری شود زیرا گروه غلات محصولات اصلی وارداتی کشور هستند.

در زمینه راهکارهای فنی افزایش بهره وری و کاهش تلفات آب باید به اموری نظیر تجهیز و نوسازی اراضی شبکههای آبیاری شامل تسطیح اراضی، یکپارچه سازی اراضی و زهکشی و اصلاح اراضی هم در شبکههای سنتی و هم در شبکههای مدرن و احداث شبکههای آبیاری و پوشش کانالهای آبیاری در شبکههای سنتی و گسترش روشهای آبیاری تحت فشار در کنار توجه به بهبود مدیریت آبیاری نظیر کنترل مقادیر مصرف منطبق با نیاز واقعی، استفاده از روشهای آبیاری مناسب، روشهای کم آبیاری، استفاده از گیاهان با نیاز آبی کمتر و یا دوره رشد کوتاهتر، و ... بیشتر پرداخته شود و صرفاً تفکر سرمایه گذاری و احداث منابع جدید آب غالب نباشد. در بخش صنعت نیز که یکی دیگر از پرمصرفترین بخشهای آب مجازی است می توان به راهکارهایی چون استفاده از آب دریا روی آورد. به طور کلی می توان در بخشهای مختلف راهکارهایی به شرح زیر ارائه نمود:

الف) کشاورزی

مدرن سازی کشاورزی که شامل مولفه های مختلفی است مثل آبیاری مکانیزه، اصلاح الگوی کشت، بکار گرفتن فناوری جدید در تولید بذر و نهالهایی با کیفیت و توان تولید بالاتر اهمیت دادن به آموزش در کشاورزی توسعه کشت و صنعت و ...

ب) شرب و بهداشت آموزش و آگاه سازی نوسازی تاسیسات انتقال و توزیع مدرن سازی شبکه های مصرف داخلی ساختمانها استفاده از لوازم کم مصرف

ج) صنعت انتقال صنایع آب بر به کناره های آب شور توسعه صنایع با تکنولوژی بالا^۳ در داخل کشور توسعه صنایع کم آب بر و کم کردن آب مجازی در صادرات توسعه صنایع با ارزش افزوده بالا توسعه شهرکهای صنعتی و کشاورزی برای ایجاد اشتغال

د) مدیریت منابع آب قانونمند کردن مصرف و برداشت از منابع آب (اجرا کردن قانون نه فقط تصویب قانون) همچنین با تامین بخشی از آب از طریق واردات آب مجازی در تمامی بخشها می توان کمک موثری به اقتصاد آب کشور نمود.

فهرست منابع

- ۱- روحانی، ن.، یانگ، ه.، امین سیچانی، س.، افیونی، م.، موسوی، ف.، کامگار حقیقی، ع. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۶)، ۴۳۲-۴۱۷.
- ۲- کشاورز، ع. و حیدری، ن. ۱۳۸۲. نگرشی بر اسراف و ضایع نمودن منابع آب کشور در مراحل تولید و مصرف محصولات کشاورزی. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- موسوی، ن.، اکبری، م.، سلطانی، غ.، زارع مهرجردی، م. ۱۳۸۸. آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب. همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- ۴- نژاد شاملو، ع. و قزل سوفلو، ع. ۱۳۸۸. آب مجازی راهکاری جهت حل بحران آب در کشورهای خشک و نیمه خشک. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان.

- 5- Alcamo, J., Henrichs, T., Rosch, T. 2000. World water in 2025: Global modeling and scenario analysis for the world commission on water for the 21th century. Center for environmental systems research, Report A0002, University of Kassel, Germany.
- 6- Alizadeh, A., Keshavarz, A. 2005. Status of agricultural water use in Iran. Proc. of water conservation, reuse and recycling workshop, The national Academic press, Washington D.C, pp. 106-113.
- 7- Allan, J.A. 1997. Virtual water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies. British Assoc.Festival of Sci., University of Leeds, UK.
- 8- Chapagain, A.K., Hoekstra ,A.Y. and Savenije, H.G. 2005. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and earth systems science discussion vol 2:2219-2251.
- 9- Food and Agricultural organization of the United Nations (FAO). 2013. FAOSTAT (Statistics Database), Available at: <http://www.fao.org>.
- 10- Food and Agricultural organization of the United Nations (FAO). 2013. Twenty –sixth FAO regional conference for the Near East. Tehran, I.R of Iran, 9-13 march, available at: www.fao.org/docrep/meeting/004/Y114E.htm.
- 11- Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of water research report series No.11, IHE, Delft, The Netherlands, pp.25-47.
- 12- Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. 2011. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. Value of water research report No.50, UNESCO-IHE.
- 13- Mousavi, S.F. 2005. Agricultural drought management in Iran. Proc. of water conservation, reuse and recycling workshop, The national Academic press, Washington D.C, pp. 106-113.
- 14- Smakthin, V., Revenga, C. and Doll, P. 2004. Taking into account environmental water requirements in global scale water resources assessments. Comprehensive assessment of water management in agriculture research report 2, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- 15- Turton, A.R. 1999. Precipitation, people, pipelines and power: Towards a political ecology discourse of water in southern Africa. MEWREW Occasional paper No. 11, University of London.
- 16- Yang, H. and Zehnder, A.J.B. 2002. Water Scarcity and food import: A case study for southern Mediterranean countries. World Develop. 30(8):1423-1430.