



آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب

سید نعمت اله موسوی^۱، سید محمد رضا اکبری^۲، غلامرضا سلطانی^۳، محلا زارع مهرجردی^۴

چکیده:

هدف از انجام این مطالعه بررسی آب مجازی به عنوان راهکاری جهت مقابله با بحران آب در کشورهای دچار خشکسالی می باشد. در این مطالعه از شاخص متوسط میزان آب مجازی یک محصول VWC به عنوان روش برآورد میزان آب مجازی استفاده گردید. میزان بهینه واردات مواد غذایی برای کشورهای مختلف با توجه به برخورداری آنها از منابع آب، زمینهای کشاورزی و سایر منابع تولید و همچنین سیاست های امنیت غذایی کشور متفاوت است. به نظر می رسد بازنگری در سیاست های مدیریت منابع آب در جهت توسعه تجارت آب مجازی بر مبنای مزیت نسبی و همکاری همه بخشها ضروری باشد. از آنجا که تولید کشاورزی یک فعالیت پر مصرف می باشد فقدان آب مستقیماً آن را محدود می کند با این حال این امر می تواند از طریق واردات مواد غذایی از خارج جبران شود هر چند به واسطه حساسیت های سیاسی، تلاش براین بوده است که از این کار اجتناب شود. در ایران هرچند موفقیت در تولید داخلی غلات چشمگیر بوده اما با توجه به محدودیت رو به افزایش منابع آب نمی توان این روند را حفظ نمود. همچنین کم آبی اساساً در آینده بدلیل استفاده بدون برنامه ریزی و نه بدلیل کمبود آب خواهد بود. نتایج تحقیق نشان می دهد که واردات مواد غذایی در ایران هنوز با هدف تجارت آب مجازی صورت نمی گیرد در صورتی که می توان با بهره گیری از الگوهای جدید جهت ارزیابی جایگاه کشور از نظر مزیت نسبی در تولید

- ۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی و عضو استعدادهای درخشان باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
- ۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
- ۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت کارآفرینی دانشگاه تهران



محصولات کشاورزی و تغییر سیاستهای واردات و صادرات مواد غذایی با رعایت اصول امنیت غذایی، منافع حاصل از آن را در دیگر بخشها سرمایه گذاری کرد و با بحران آب در کشور های دچار خشکسالی به مقابله پرداخت.

واژه های کلیدی: آب مجازی - بحران آب - تجارت

مقدمه:

بخش کشاورزی در ایران و جهان بزرگترین مصرف کننده آب می باشد اما برخلاف میانگین جهانی که نشانگر تخصیص ۷۰ درصد از کل منابع آب مصرفی به بخش کشاورزی است در ایران و با وجود قرار گرفتن کشور در منطقه ای خشک این نسبت ۹۳ درصد است. این اولین اشتباه در الگوی مصرف آب کشاورزی کشور می باشد. در حالی که بارش های جوی کشور (۷۰ درصد باران و ۳۰ درصد برف) سالانه آوردی معادل ۴۱۳ میلیارد مترمکعب برای کشور دارند که با ۱۳ میلیارد مترمکعب آب وارد شده به کشور توسط رودخانه های مرزی این میزان به ۴۲۶ میلیارد مترمکعب افزایش می یابد؛ اما از این مقدار ۲۹۵ میلیارد مترمکعب مستقیماً تبخیر شده و از دسترس خارج می گردد به عبارت ساده پتانسیل کل منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب برآورد می گردد. از ۸۸/۵ میلیارد مترمکعب آب مصرفی کشور در شرایط کنونی، ۸۲/۵ میلیارد مترمکعب یعنی ۹۳ درصد آن در بخش کشاورزی استفاده می شود. از دیگر مشکلات کشور در رویارویی با بحث آب و منابع آن، بازده کل آبیاری در کشور است. در حالی که بازده کل آبیاری در کشورهای توسعه یافته ۶۵ درصد و در کشورهای در حال توسعه ۴۵ درصد است، این شاخص در ایران بین ۳۳ تا ۳۷ درصد است. اگر بخواهیم میزان هدررفت آب در مرحله آبیاری محصولات کشاورزی را بدست آوریم عدد ۸۲/۵ میلیارد مترمکعب را در عدد ۰/۶۵ ضرب کرده که حاصل عددی بزرگتر از ۵۳ میلیارد مترمکعب می باشد. زمانی عمق بحران را بهتر درک خواهیم کرد که بدانیم این عدد معادل ۱۰۰ برابر ذخیره آب سدی همچون سد رئیسعلی دلواری آنهم در زمانی که از آب پر است می باشد. بنابراین با افزایش بازده کل آبیاری کشور به میزان ۵ درصد، از



احداث ۸ سد با مشخصات فوق بی‌نیاز می‌شویم. به نظر نگارنده، این موضوع بزرگترین اشتباهمان در نحوه مصرف آب در کشور است. پایین بودن مقدار کارآبی مصرف آب کشاورزی و بالا بودن میزان ضایعات کشاورزی نیز از دیگر مشکلاتی است که بدست خودمان بوجود آمده و خودمان هم باید تلاش نموده و با برنامه‌ریزی صحیح و اصلاح روش کار آنها را برطرف نمائیم. با ادامه روند صنعتی‌تر شدن کشور و گسترش فرهنگ شهرنشینی، سهم آب صنعت و شرب می‌باید از ۷ درصد بسیار بالاتر رود چراکه آب صنعت از ارزش افزوده بالاتر و آب شرب از درجه اهمیت بیشتری نسبت به آب کشاورزی برخوردار است. بنابراین به منظور جلوگیری از وارد آمدن فشار مضاعف بر ذخایر و منابع آب کشور که اتفاقاً در اکثر سفره‌ها با بیلان منفی روبرو هستند، واردات آب مجازی در چارچوب مصالح کشور اجرایی‌ترین راهکار (بهترین راهکار اصلاح روش آبیاری است) جهت تأمین غذا برای هم‌وطنانی خواهد بود که با رشد جمعیت بر تعداد آنها نیز افزوده می‌شود.

بنا به تعریف آب مجازی^۵ آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده کشاورزی طی فرایند تولید مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان می‌باشد. 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 بافت محصول باقی خواهد ماند. نکته مهم اینکه صفت مجازی به معنای غیر واقعی نیست بلکه صریحاً باید گفت که آب مجازی آب کاملاً واقعی است. شرایط اقلیمی و فرهنگی مکان تولید و مدیریت و برنامه ریزی در میزان و حجم آب مجازی کالا موثر است و قطعاً مقدار آن در مورد یک کالا در مناطق مختلف جهان متفاوت می‌باشد. مثلاً مردم آسیا به طور میانگین ۱۴۰۰ لیتر آب مجازی در طول روز استفاده می‌نمایند و این در حالیست که اروپاییان و مردم شمال

آمریکا روزانه حدود ۴۰۰۰ لیتر آب مجازی مصرف می‌نمایند. [۵]

⁵ virtual water



آبی که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌گردد آب مجازی ذخیره شده و کالا نامیده می‌شود. تجارت جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را بوجود می‌آورد. کشورهای کم‌آب می‌توانند با واردات محصولات آب‌بر، نظیر مواد غذایی آبی را که برای تولید آن نیاز است را در بخشهای دیگر مصرف کنند. این تجارت با در نظر گرفتن مزیت نسبی کشورهای صادرکننده در تولید محصولات غذایی صورت می‌گیرد از اینرو کشوری به صادرات مواد غذایی می‌پردازد که از نظر منابع و عوامل تولید شرایط بهتری در تولید محصولات نسبت به کشورهای واردکننده داشته باشد. واردات آب مجازی بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی یک کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با امنیت غذایی آن ارتباط مستقیم دارد. مطالعات زیادی در این زمینه به منظور تحریک سیاست‌های کلان کشورها به سمت توسعه تجارت آب مجازی انجام شده هدف از ارائه این مقاله معرفی و طبقه‌بندی مباحث مطرح شده در این زمینه است. همچنین با اشاره ای به ضرورتها و کاربرد این تجارت در ایران بع معرفی برخی از نیازمندیهای مطالعاتی در کشور پرداخته شده است.

بحران کم‌آبی که با گرم‌تر شدن دما وضعیت حادثتری به خود گرفته است به سرعت در حال گسترش به کشورها و انسان‌های بیشتری می‌باشد. یکی از راهکارهایی که به منظور مقابله با مشکلات این بحران پیش‌بینی و پیشنهاد شده ((تجارت آب مجازی)) است. آب مجازی، آبی است که صرف تولید کلیه کالاها شده و بصورت نهفته در آنها وجود دارد؛ و تجارت آب مجازی هم شامل صادرات و واردات کلیه کالاها اعم از صنعتی، معدنی، کشاورزی و... می‌شود. شاید جای سؤال باشد که چطور تبادل کالا با دنیای خارج از مرزهای سیاسی می‌تواند بحران کم‌آبی را مهار نماید؟ ما در این نوشتار سعی در تشریح دلایل لزوم گسترش واردات آب مجازی برای مقابله با بحران کم‌آبی کشور داریم. علی‌رغم تأثیر شگرف و مستقیمی که آب در پیدایش جوامع و از آن مهم‌تر تمدن‌های بشری داشته و اهمیت بسیاری که پیشینیان به کمیت و کیفیت آب می‌داده‌اند اما به دلیل فراوانی آن، در بسیاری موارد انسان‌ها قدر این نعمت را ندانسته و با آن بصورت کالایی بی‌ارزش برخورد کرده‌اند. این قبیل اقدامات با صنعتی‌شدن جوامع شدت بیشتری یافته است. با گذشت زمان و افزایش جمعیت و رشد نیازهای انسان‌ها که مهمترین آنها تأمین غذا بود این نگرش



تغییر نموده تا جایی که در شرایط کنونی آب از کالایی اقتصادی تغییر ماهیت داده و به کالایی استراتژیک تبدیل شده است.

مشکلات، بحران‌ها، تنش‌ها و جنگ‌های فراوانی که در سال‌های اخیر به دلیل تعارض در منافع حوزه‌های آب کشورهای مختلف شکل گرفته، اصلاح دیدگاه برنامه‌ریزان و در نتیجه تغییر در برنامه‌ریزی‌ها را در پی داشته است. در شرایط موجود دیگر با قاطعیت نمی‌توان هرگونه واردات کالا را با دلیل ((ایجاد وابستگی)) رد نمود چراکه با وارد نمودن کالاهایی که برای تولیدشان به آب زیادی نیاز هست در مصرف آب صرفه جویی نموده و می‌توان از آب ذخیره شده برای تولید کالاهایی با ارزش افزوده بالاتر و یا با درجه اهمیت بیشتر استفاده کرد. کشورهای زیادی محکوم به پذیرش و تبعیت از تجارت آب مجازی هستند؛ از جمله کشورهای منطقه خاورمیانه که بیشترین چالش‌ها را در زمینه آب دارند باید به منظور تأمین ((امنیت غذایی)) خود به واردات آب مجازی متکی باشند. ویلیام جی کازگروف^۶ نایب رئیس شورای جهانی آب می‌گوید: «شاید به طور ناخودآگاه، تعداد زیادی از کشورهای کم آب از طریق واردات غذایی به حل تنش‌ها و مسائل آبی خود نائل شده‌اند و این از طریق نقشی است که واردات آب مجازی ایفا می‌نماید». اما برخورد با این موضوع و تصمیم‌گیری بر اساس آن به همین سادگی نیز نمی‌باشد زیرا غیر از مسائل فنی و تخصصی، مفاهیم دیگری از جمله بحث ((سلطه غذایی)) وجود دارد که باید در واردات آب مجازی مد نظر قرار گیرد. سلطه غذایی همان وابستگی زیاد به آب مجازی است بگونه‌ای که کشورهای صادرکننده، اهرم فشار بسیار پر قدرتی برای نفوذ و تسلط بر کشور واردکننده آب مجازی خواهند داشت. چین، هند و مالزی از جمله کشورهایی هستند که نمی‌خواهند اختیار تأمین غذای جمعیت انبوه خود را بدست بیگانگان بسپارند. به دلیل مسائل و مشکلاتی که گریبان بخش کشاورزی ایران را گرفته، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران حوزه آب کشور مجبورند بهره‌گیری بیشتر از فرصت واردات آب مجازی از طریق خرید برخی از محصولات کشاورزی را در دستورکار خود قرار دهند. مسائل و مشکلاتی که سبب اهمیت بیشتر جایگاه تجارت آب مجازی در کشور ما می‌شود را می‌توان به دو گروه کلی

⁶ Cosgrove William J



طبیعی و غیرطبیعی تقسیم کرد. مسائل طبیعی مربوط به قرار گرفتن کشور ایران در منطقه‌ای از جهان است که بطور ناخواسته مشکلاتی را برای ما بوجود آورده و عوامل غیرطبیعی را می‌توان بهره‌گیری از الگوی مصرفی اشتباه در زمینه مصرف آب دانست. در ادامه خواهیم دید که منابع آب کشور کمتر از میانگین جهانی می‌باشد و متأسفانه ما از این منابع محدود نیز به درستی استفاده نمی‌کنیم. در مناطق معتدل جهان، ۹۰ درصد آب مورد نیاز کاشت و پرورش غلات از آب طبیعی درون خاک تأمین می‌شود اما در خاورمیانه برای تهیه اینگونه محصولات که اساس غذای انسان‌ها را تشکیل می‌دهند تکیه بر منابع و ذخایر سطحی و زیرزمینی آب ضروری و واجب است. میانگین بارندگی در کشور ما ۲۵۲ میلیمتر در سال می‌باشد که دقیقاً یک سوم میانگین جهانی است با این حال میانگین تبخیر در ایران ۱۷۹ میلیمتر (یعنی ۷۱ درصد بارندگی کشور) معادل ۳ برابر میانگین جهانی است. پراکنش مکانی و زمانی بارندگی‌ها در کشور نیز بسیار نامناسب می‌باشد؛ بگونه‌ای که ۷۰ درصد بارندگی‌ها در ۲۵ درصد از مساحت کشور واقع می‌شود و تنها یک درصد از مساحت کشور از بارندگی بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر برخوردار است. از لحاظ توزیع زمانی نیز ۲۵ درصد بارندگی‌ها در فصول آبیاری و ۷۵ درصد در سایر فصول رخ می‌دهد. در استان بوشهر توزیع زمانی نامطلوب بارندگی به خوبی قابل مشاهده می‌باشد در اغلب سال‌ها کل بارندگی سالانه طی چند روز آنهم در فصل زمستان اتفاق می‌افتد.

بنا به نظر برخی صاحب نظران احتمالاً هیچ راه عملی برای حجم عمده و کافی از آب خالص همچون دیگر کالاها وجود ندارد چرا که به لحاظ اقتصادی وزن و حجم آن عامل بازدارنده‌ای می‌باشد. بنابراین یک کشور می‌تواند با انتخاب خود به عنوان وارد کننده آب مجازی (در مقابل آب واقعی) خود را از فشار بر منابع مالی اش آزاد سازد. محاسبات نشان داده است که تقریباً ۲۰ درصد آبی که در کشاورزی مصرف می‌شود به صورت محصول به دیگر کشورها صادر می‌گردد. لذا با توجه به استفاده پنج تریلیون متر مکعب آب در سال برای کشاورزی در جهان تبادل یک تریلیون متر مکعب آب در تجارت بین کشورها قابل عمل می‌باشد. از این رو با توجه به تشدید بحران کمبود آب در کشورهای مختلف جهان موضوع آب مجازی به واسطه عمق و مفهوم آن در آینده از اهمیت خاصی در برنامه



ریزی و سیاست های کلان آب (به خصوص در کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند) برخوردار خواهد شد. زیرا این کورها را قادر می سازد تا با واردات کالاهای آب بر نظیر مواد غذایی آبی را که برای تولید آن مورد نیاز بوده در سایر بخش ها استفاده نمایند. کشورهای کمآب می توانند با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاست های آبی علاوه بر اینکه میزان آب قابل دسترسی را برای خود افزایش می دهند از افزایش فشار بر منابع محدود خویش نیز بکاهند. هرچند واردات مواد غذایی به منظور استفاده از منبع تجارت آب مجازی بخش های اقتصادی اجتماعی و محیط زیست یک کشور را تحت تاثیر قرار می دهد و با امنیت غذایی و فرهنگ آن کشور در ارتباط است ولی در کشور های کم آب می توان با توجه به شرایط ظرفیت ها و نیاز های داخلی و همچنین ملاحظات امنیت غذایی نقطه بهینه ای را برای برآورد میزان واردات مواد غذایی به کشور ارائه کرد. [۳]

تجارت آب مجازی یک معیار و ابزار اساسی در محاسبه مصرف واقعی آب یک کشور می باشد. تجارت آب مجازی در طی ۴۰ سال اخیر به طور دائم در حال افزایش بوده است. در حدود ۱۵٪ آب مورد مصرف در جهان بصورت آب مجازی در حال صادرات است. بنابراین تجارت محصولات کشاورزی جزء اصلی تجارت آب مجازی است. ۶۷٪ تجارت آب مجازی در جهان مرتبط با تجارت جهانی محصولات زراعی و ۲۳٪ تجارت آن مرتبط با محصولات دامی و محصولات وابسته بوده و فقط ۱۰٪ مرتبط با محصولات صنعتی است. در طی سالهای ۱۹۹۵ الی ۱۹۹۹ گندم به تنهایی ۳۰٪ حجم تجارت آب مجازی بین کشورها را در جهان به خود اختصاص داده و به دنبال آن سویا و برنج به ترتیب به بالاتر از ۱۷٪ و ۱۵٪ قرار دارد. پیادو های منفی و مثبت مبادله آب مجازی باید سنجیده شود که یکی از آنها هزینه فرصت آب مورد استفاده می باشد. [۳]

تجارت آب مجازی:

آب مجازی یکی از مباحثی است که در صرفه جویی و کاهش مصرف منابع آب در سالهای اخیر در جهان مطرح گردیده است. مفهوم آب مجازی در اوایل سال ۱۹۹۰ و برای اولین بار توسط پروفیسور J. A. Allen و بعنوان



آبی که در کالاها یا محصولات ملحوظ وجود دارد تعریف گردید. تولید کالا و خدمات نیازمند آب است و آب مورد مصرف برای تولیدات کشاورزی یا صنعتی بعنوان آب مجازی محصول شناخته می‌شود. آب مجازی یک معیار و ابزار ضروری و اساسی در محاسبه مصرف واقعی آب یک کشور می‌باشد.

تجارت آب مجازی در طی ۴۰ سال اخیر به طور دائم در حال افزایش بوده است. در حدود ۱۵٪ آب مورد مصرف در جهان بصورت آب مجازی در حال صادرات می‌باشد. از آنجایی که در سطح جهانی کشاورزی بزرگترین بخش اقتصادی از لحاظ مصرف آب می‌باشد، بنابراین تجارت محصولات کشاورزی جزء اصلی تجارت آب مجازی است. براساس نظر A.Y. Hoekstra کارشناس موسسه IHE وابسته به یونسکو، ۶۷٪ تجارت آب مجازی در جهان مرتبط با تجارت جهانی محصولات زراعی و ۲۳٪ تجارت آن مرتبط با محصولات دامی و محصولات وابسته بوده و فقط ۱۰٪ مرتبط با محصولات صنعتی است. در طی سالهای ۱۹۹۵ الی ۱۹۹۹ گندم به تنهایی ۳۰٪ حجم تجارت آب مجازی بین کشورها را در جهان به خود اختصاص داده و بدنبال آن سویا و برنج به ترتیب با تراز ۱۷٪ و ۱۵٪ قرار دارد (جدول ۶).

جدول (۶) تجارت جهانی آب مجازی بین کشورها برای ۱۰ محصول کشاورزی اول

طی سالهای ۹۹-۱۹۹۵

محصول	درصد از تجارت جهانی آب مجازی
-------	------------------------------



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



۳۰/۲۰	گندم
۱۷/۰۷	سویا
۱۵/۳۶	برنج
۸/۸۵	ذرت
۷/۲۰	شکر خام
۴/۸۸	جو
۲/۷۱	آفتابگردان
۲/۰۱	سورگوم
۱/۹۷	موز

مناطقى که در جهان صادر کننده عمده آب مجازى هستند شامل: آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، کشورهای آس آن، و آسیای جنوب شرقی می‌باشند. آمریکای شمالی (ایالات متحده آمریکا و کانادا) بزرگترین صادر کننده آب مجازى هستند. فقط خالص صادرات آب مجازى از ایالات متحده بالغ بر یک سوم آب برداشت شده از منابع آب در آن کشور می‌باشد.

مناطق عمده وارد کننده آب مجازى شامل مناطق آسیای جنوبی و مرکزی، غرب اروپا، آفریقای شمالی و خاور میانه می‌باشد. 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 مجازى هستند. بر اساس نظریه Hoekstra کشورهایی که از لحاظ جغرافیایی و سطح توسعه کاملاً به هم نزدیک می‌باشند می‌توانند بالانس تجارت آب مجازى متفاوتی داشته باشند. بعنوان نمونه در حالیکه کشورهای اروپایی نظیر بلژیک،



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



آلمان، ایتالیا، هلند، و اسپانیا آب مجازی را در قالب محصولات زراعی وارد می نمایند، کشور فرانسه مقادیر زیادی آب مجازی صادر می نماید.

در جدول (۷) ده کشور اول صادر کننده و وارد کننده آب مجازی براساس آمار سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ارائه گردیده است.

جدول (۷) ده کشور اول صادر کننده و وارد کننده آب مجازی در جهان

ده کشور اول وارد کننده آب مجازی		ده کشور اول صادر کننده آب مجازی	
حجم خالص واردات (میلیارد مترمکعب)	کشور	حجم خالص صادرات (میلیارد مترمکعب)	کشور
۴۲۸/۵	بهریلانکا	۷۵۸/۳	آمریکا
۲۹۷/۴	ژاپن	۲۷۲/۵	کانادا
۱۴۷/۷	هلند	۲۳۳/۳	تایلند
۱۱۲/۶	کره جنوبی	۲۲۶/۳	آرژانتین
۱۰۱/۹	چین	۱۶۱/۱	هند
۱۰۱/۷	اندونزی	۱۴۵/۶	استرالیا
۸۲/۵	اسپانیا	۹۰/۲	ویتنام
۸۰/۲	مصر	۸۸/۴	فرانسه
۶۷/۹	آلمان	۷۱/۷	گواتمالا
۶۴/۳	ایتالیا	۴۵/۰	برزیل



تعدادی از محققین معتقدند که واردات آب مجازی (از طریق غذا و یا محصولات صنعتی) راه حل مناسبی برای بحران آب بخصوص برای کشورهای خشک که کشاورزی آنها فقط بستگی به آبیاری دارد و کارایی مصرف آب محصولات تولیدی آنها نیز پائین است می باشد. بنابراین در عوض مصرف منابع آب کمیاب برای محصولاتی که مصرف آب آنها نیز بالا است، این قبیل کشورها می توانند غذای ارزان وارد نموده و از فشار بیش از حد به منابع آب خود خوداری نمایند. اخیراً کشورهایی از قبیل فلسطین اشغالی و اردن سیاستهایی را برای کاهش صادرات محصولات پرمصرف از لحاظ نیاز آبیاری اتخاذ نموده اند. در سالهای اخیر ۶۰ الی ۹۰ درصد آب کشور اردن از طریق واردات آب مجازی تامین می شود ولی در حال حاضر کشورهایی پر جمعیت نظیر چین و هندوستان از آن بیم دارند که این امر یعنی واردات آب مجازی آنها را به تجارت جهانی وابسته نماید. دلیل آنها این است که چه اتفاقی خواهد افتاد اگر که نیاز غذایی این کشورها نتواند از طریق واردات محصول تامین گردد. و این دلیلی است که بر اساس آن اینگونه کشورها تلاش دارند تا آنجا که ممکن است محصولات غذایی را از طریق تولیدات کشاورزی در داخل کشورهای خود تامین نمایند.

ردپای آب و آب مجازی :

ردپای آب در مصارف شخصی، تجاری و ملی به صورت حجم کل آب شیرین مصرف شده توسط آنها است. ردپای آب معمولاً به صورت حجم آب مصرفی در سال بیان می شود. از آنجایی که تمام کالاهایی که در یک کشور استفاده می شوند حتماً در همان کشور نیز ساخته نشده اند، ردپای آب شامل دو قسمت می شود: استفاده از منابع آب محلی و استفاده از منابع آبی خارجی. ردپای آب شامل آبهای سطحی و زیرزمینی و همچنین استفاده از خاک (در محصولات کشاورزی) می شود. آب مجازی، آبی است که در ساخت کالاها استفاده شده است. ساخت کالاها و ارائه خدمات نیاز به آب دارد: آبی که برای ساخت و تهیه محصولات کشاورزی و صنعتی به کار می رود، آب مجازی آن محصول نامیده می شود.



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



حجم جهانی آب مجازی مبادله شده توسط کالاها در معاملات بین المللی، ۱۶۰۰ کیلومتر مکعب در سال است که از این مقدار حدود ۸۰ درصد به محصولات کشاورزی و بقیه به محصولات صنعتی مربوط می شود.

تولید ۱ کیلوگرم:

برنج به ۳۰۰۰ لیتر آب

ذرت به ۹۰۰ لیتر آب

گندم به ۱۳۵۰ لیتر آب

گوشت به ۱۶۰۰۰ لیتر آب

نیاز دارد.

برای تهیه یک فنجان قهوه ۱۴۰ لیتر و برای یک لیتر شیر ۱۰۰۰ لیتر آب نیاز است. از نظر جهانی، اگر محصولات کشاورزی از مناطق پر آب تر به مناطق کم آب تر صادر شوند، در مصرف آب صرفه جویی می شود. در حال حاضر اگر کشورهای وارد کننده تمام محصولات کشاورزی وارداتی خود را با استفاده از منابع محلی تولید کنند، در حدود ۱۶۰۰ کیلومتر مکعب آب در سال نیاز خواهند داشت، در حالی که برای تولید این محصولات در کشورهای صادر کننده فقط ۱۲۰۰ کیلومتر مکعب آب استفاده می شود و به این ترتیب ۴۰۰ میلیارد متر مکعب در سال در منابع آب جهانی صرفه جویی می شود. مصرف آب مجازی هر نفر بستگی به نوع رژیم غذایی وی دارد و از ۱ متر مکعب در روز (مقدار لازم برای زنده ماندن) تا ۲.۶ متر مکعب در روز برای گیاه خواران و بالای ۵ متر مکعب برای یک رژیم گوشتی متفاوت است. فقط در حدود ۷ درصد از ردپای آب چینی ها که چیزی در حدود ۷۰۰ متر مکعب برای هر نفر در سال است، به بیرون از چین می رسد. در حالی که ۶۵ درصد از ردپای آب ژاپن که ۱۱۵۰ متر مکعب برای هر نفر در سال است، به بیرون از مرزهای ژاپن می رسد. ردپای آب ایالات متحده به طور متوسط برای هر نفر در سال ۲۴۸۰ متر مکعب است در حالی که ردپای آب جهانی به طور متوسط ۱۲۴۰ متر مکعب



برای هر نفر در سال است. این اطلاعات از دومین گزارش پیشرفت جهانی آب سازمان ملل با عنوان "آب، یک مسئولیت مشترک" استخراج شده است.

مواد و روش ها :

روش برآورد میزان آب مجازی

متوسط میزان آب مجازی یک محصول می تواند به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن

محصول محاسبه شود:

$$VWC_{c,j} = \frac{\overline{CWR}_{c,j}}{\overline{Y}_{c,j}}$$

$VWC_{c,j}$ = میزان آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب بر تن

$CWR_{c,j}$ = متوسط نیاز آبی محصول در سال بر حسب متر مکعب

$Y_{c,j}$ = متوسط عملکرد محصول در سال بر حسب تن

مبادله آب مجازی برای هر محصول که شامل واردات و صادرات می شود از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول در میزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه می شود.

$$VWI_{c,j} = VWC_{c,j} \cdot I_{c,j}$$

$$VWE_{c,j} = VWC_{c,j} \cdot E_{c,j}$$



$VWI_{c,j}$ = واردات آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب

$VWE_{c,j}$ = صادرات آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب

$I_{c,j}$ = مقدار واردات سالانه محصول بر حسب متر مکعب

$E_{c,j}$ = مقدار صادرات سالانه محصول بر حسب متر مکعب

بنابراین مبادله خالص آب مجازی را می توان به صورت زیر نوشت:

$$NVWT_{c,j} = VWI_{c,j} - VWE_{c,j}$$

$NVWT_{c,j}$ = مبادله خالص آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب

جهت محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی ابتدا مقدار آب مصرفی محصولات با استفاده از رابطه (۱)

محاسبه و سپس برای تعیین مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی از نسبت آب مصرفی گیاه به میزان عملکرد

محصول استفاده شد (رابطه ۲)

$$CWU_{jti} = ET_{2ijt} / \text{Efficiency}$$

$$VWC_{ijt} = \frac{CWU_{jti}}{\text{Yield}_{ijt}}$$

که در آن:



VWC_{ijt} = مقدار آب مجازی گیاه ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر کیلوگرم

ET_{aijt} = نیاز آبی گیاه در ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر هکتار

$Yield_{ijt}$ = میزان عملکرد گیاه در ناحیه در سال بر حسب کیلوگرم در هکتار

CWU_{ijt} = مقدار آب مصرفی گیاه در ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر هکتار است.

Efficiency = راندمان آبیاری است که بر اساس روش های مختلف آبیاری متفاوت است.

نتایج تحقیق:

باتوجه به تشدید بحران کمبود آب در کشورهای مختلف جهان، موضوع آب مجازی بواسطه عمق مفهوم آن از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کلان آب در آینده برخوردار خواهد شد. هم اکنون نیز با صادرات و واردات کالا و محصولات بین کشورهای مختلف جهان، محاسباتی نیز از میزان آب وارد شده یا صادر شده به عنوان آب مجازی بعمل می‌آید.

بر این اساس مقدار آب مجازی برای تولید مقدار مشخصی از محصولات در جدول زیر آمده است:

مقادیر آب مجازی برای تولید برخی از محصولات

ردیف	کالا	آب مجازی (لیتر)
۱	یک لیوان شیر (۲۰۰ میلی‌لیتر)	۲۰۰



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



۳۵	یک فنجان چای (۲۵۰ میلی لیتر)	۲
۱۴۰	یک فنجان قهوه (۱۲۵ میلی لیتر)	۳
۷۰	یک عدد سیب (۱۰۰ گرمی)	۴
۲۵	یک عدد سیب زمینی (۱۰۰ گرمی)	۵
۴۱۰۰	یک پیراهن نخ‌ی در اندازه متوسط	۶
۱۰	یک کاغذ A۴	۷
۱۳۵	یک عدد تخم مرغ (۴۰ گرمی)	۸
۱۳	یک عدد گوجه فرنگی (۷۰ گرمی)	۹
۵۰	یک عدد پرتقال (۱۰۰ گرمی)	۱۰
۸۰۰۰	یک جفت کفش با چرم گاو	۱۱
۲۴۰۰	ساندویچ همبرگر (۲۵۰ گرمی)	۱۲
۱۳۰۰	یک کیلوگرم گندم	۱۳
۱۴۰۰	یک کیلوگرم جو	۱۴
۲۵۰۰	یک قالب پنیر (۵۰۰ گرمی)	۱۵
۱۵۰۰۰	یک کیلوگرم گوشت گاو	۱۶
۴۰۰۰	یک کیلوگرم گوشت مرغ	۱۷
۳/۶	گوشت پاک کن (۰/۳۳ گرمی)	۱۸
۱۹۰	یک کیلوگرم پلاستیک	۱۹
۴۰	یک برش نان (۳۰ گرمی)	۲۰
۴۰۰	خودروی مسافرتی (۱۱۰۰ کیلوگرمی)	۲۱



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 ی 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 تجداد پذیر 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 گردیده تا امروزه تامین آب یکی از بزرگترین و مهمترین چالش های پیش روی انسان باشد. به ویژه در مناطق خشک کمبود گسترده و شدید آب زندگی بسیاری را در معرض تهدیدات قرار داده است و افزایش روز افزون جمعیت باعث حادثر شدن این مشکل شده است. [۵]

با توجه به محدودیت منابع آب توجه انسان به گزینه آبهای نامتعارف از جمله پساب های تصفیه شده زه آب ها نمک زدایی آب دریا و غیره جلب شده است. گزینه دیگری که امروزه جهت تامین و ذخیره آب به خصوص در کشور های مناطق خشک و نیمه خشک جهان مورد بررسی بحث قرار گرفته است تجارت آب است که از ان به عنوان تجارت آب مجازی یاد می شود.

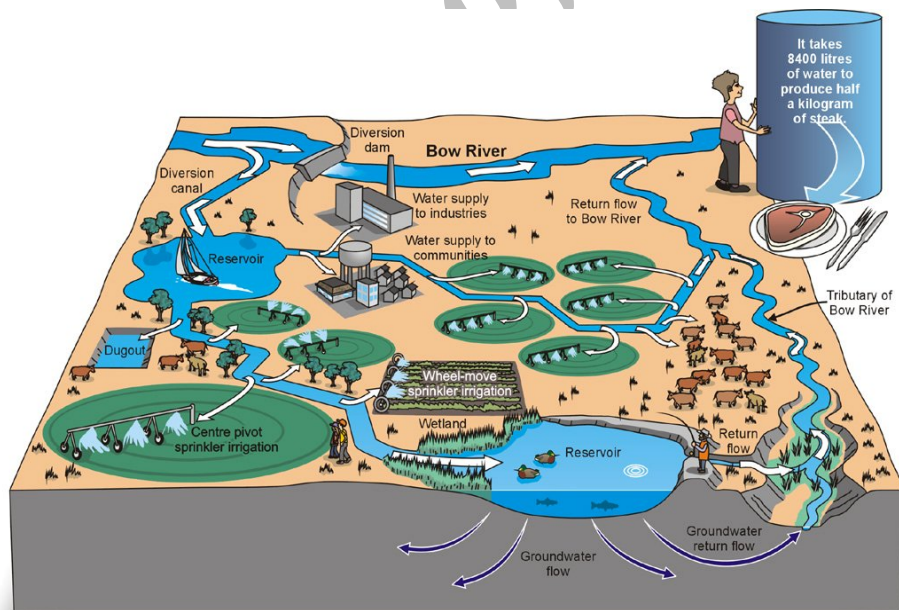
اگرچه در مباحث تجارت محصولات کشاورزی توجه به واردات آب مجازی دارای اهمیت است ولیکن تکیه منحصر به فرد بر چنین امری سبب می شود که مجبور به کشت محصولات معدودی (گندم، ذرت،...) شویم که آب مصرفی کمتری نیاز دارند که این مسئله باعث کاهش اشتغال خواهد شد، لذا ضروری است ضمن پرداختن به الگوهای مبتنی بر حداکثر سازی سود اجتماعی و واردات آب مجازی، با توجه به پیامد های این مدل در وضعیت اشتغال، به سیاست های مبتنی بر ایجاد اشتغال همانند رشد صنایع تبدیلی و سایر فعالیت های اشتغال زا پرداخت.

میزان بهینه واردات مواد غذایی برای کشورهای مختلف با توجه به برخورداری آنها از منابع آب، زمینهای کشاورزی و سایر منابع تولید و همچنین سیاست های امنیت غذایی کشور متفاوت است. به نظر می رسد بازنگری در سیاست های مدیریت منابع آب در جهت توسعه تجارت آب مجازی بر مبنای مزیت نسبی و همکاری همه بخشها ضروری باشد. از انجا که تولید کشاورزی یک فعالیت پر مصرف می باشد فقدان آب مستقیماً آن را محدود می کند با این حال

این امر می تواند از طریق واردات مواد غذایی از خارج جبران شود هر چند به واسطه حساسیت های سیاسی، تلاش براین بوده است که از این کار اجتناب شود. در ایران هرچند موفقیت در تولید داخلی غلات چشمگیر بوده اما با توجه به محدودیت رو به افزایش منابع آب نمی توان این روند را حفظ نمود. همچنین کم آبی اساساً در آینده بدلیل استفاده بدون برنامه ریزی و نه بدلیل کمبود آب خواهد بود.

نکته قابل تامل این است که بین میزان آب مجازی یک کالا در کشورهای مختلف اختلاف زیادی دیده می شود. برای نمونه میزان آب مجازی (بر حسب لیتر) برای تولید یک کیلوگرم گندم در ۱۰ کشور جهان در نمودار زیر نشان داده شده است.

آب مجازی از مفاهیم نسبتاً نوینی است که در مجامع بین المللی آبی مطرح شده است.



آب مجازی، مقدار آب نهفته در مواد غذایی یا محصولاتی است که برای تولید آن صرف شده است. به طور مثال برای تولید یک کیلوگرم گندم هزار لیتر آب مورد نیاز است پس آب مجازی این مقدار از گندم هزار لیتر است.



مصرف سرانه آب مجازی مطابق رژیم غذایی از یک متر مکعب در روز برای گذران زندگی تا ۲/۶ متر مکعب برای سبزی خواران و پنج متر مکعب برای سبک زندگی امریکایی که اساس آن بر مصرف گوشت است متفاوت خواهد بود.

۵۰۰۰ لیتر آب	یک کیلوگرم برنج
۱۵۰۰ لیتر آب	یک کیلوگرم گندم
۶۰۰ لیتر آب (در پروسه تولید در کارخانه)	یک کیلوگرم کود شیمیایی
۲۵۰ لیتر آب (در پروسه تولید در کارخانه)	یک کیلوگرم کاغذ
۳۰۰ لیتر آب (در پروسه تولید در کارخانه)	یک کیلوگرم فولاد

تشکر و قدردانی :

با سپاسگذاری از زحمات جناب دکتر موسوی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت و جناب دکتر جواد ترکمانی و دکتر بهاءالدین نجفی

مراجع :

۱. اردکانیان، ر، سهرابی، "تجارت آب مجازی : ادبیات جهانی و کاربرد در ایران"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۵.
۲. خسروانی شیری، ز، و همکاران، "آب مجازی و کاربرد آن در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب"، دانشگاه تبریز اصفهان، ۱۳۸۱.



۳. دهقانپور، ح، بخشوده، م، "بررسی جنبه های محدود کننده تجارت آب مجازی در شهرستان مرودشت"، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۲، شماره ۱، سال ۱۳۸۷
۴. روحانی، ن. و همکاران، "آب مجازی و مبادله محصولات غذایی در ایران"، دومین همایش کمیته منطقه ای آبیاری و زهکشی، اصفهان، ۱۳۸۶.
۵. نژادشاملو، ع، ر، قزل سولوغ، ع، "آب مجازی، راهکاری جهت حل بحران آب در کشورهای خشک و نیمه خشک"، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، ۱۳۸۸.
۶. Allant.J.F., "Virtual water-the water, food, and trade nexus useful concept of misleading metaphor?" J. Water International, 28, 106-113
۷. 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, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
۸. Allan, J. A. (2003). "Virtual water – the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?" J. Water International, 28, 106–113.
۹. Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
۱۰. IWMI (International Water Management Institute). (2006). Water for food, water for life. from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Stockholm World Water Week.
۱۱. Shuva, H. (1997). Concepts of water security, food security, water stress and "virtual water" for arid contries. Proceedings of the IXth World Water Congress- International Water Resources Association- Montreal, Canada.



۱۲. Obuobie, E., Gachanja, P. M. and Dörr, A. C. (2005). The Role of Green Water in Food Trade. Term Paper for the Interdisciplinary Course, International Doctoral Studies. Center of Development Research University of Bonn.
۱۳. Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K. C. and Zehnder, A. J. B. (2006). "Virtual water highway: water use efficiency in global food trade" *J. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 1–26.
۱۴. Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M., and Molden, D. (2004). Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Comprehensive Assessment Research Report 4, Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
۱۵. Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. and Savenije, H. H. G. (2006). "Water saving through international trade of agricultural products" *J. Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 455–468.
۱۶. Wichelns, D., (2001). "The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt" *J. Agric. Water Manage.* 49, 131–151.
۱۷. Earle, A. (2001). The role of virtual water in food security in Southern Africa. Occasional Paper No 33, Water Issues Study Group School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London.
۱۸. WWC (World Water Council). (2004). Virtual Water Trade - Conscious Choices. In: E-Conference Synthesis. 4th World Water Forum.
۱۹. Ma, J., Hoekstra, A. Y., Wang, H., Chapagain, A. K. and Wang, D. (2006). "Review Virtual versus real water transfers within China" *J. Phil. Trans. R. Soc. B* 361, 835–842.